

# CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA FAUNA ASOCIADA A RESIDUOS SÓLIDOS EN PRADERAS DE *Thalassia testudinum* EN PLAYA BLANCA (ISLA BARÚ) E ISLA ROSARIO (ARCHIPIÉLAGO DEL ROSARIO), CARIBE COLOMBIANO

HEYWET STARK HOWARD MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM SECCIONAL
CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA
CARTAGENA, COLOMBIA.
2021

# CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LA FAUNA ASOCIADA A RESIDUOS SÓLIDOS EN PRADERAS DE Thalassia testudinum EN PLAYA BLANCA (ISLA BARÚ) E ISLA ROSARIO (ARCHIPIÉLAGO DEL ROSARIO), CARIBE COLOMBIANO

HEYWET STARK HOWARD MARTÍNEZ Trabajo de Grado para optar al título de Biólogo Marino

> Director de Trabajo de Grado ESTEBAN ZARZA GONZALEZ Magister en Ciencias del Mar

Asesor Metodológico
Dra. PATRICIA ROMERO MURILLO

UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINÚM SECCIONAL CARTAGENA FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA 2021

Nota de Aceptación.

	Firma del presidente del Jurado
	Firma del Jurado
	Firma del Jurado
	Firma del Jurado
	i iiilia dei Julado
CARTAGENA, (dd/mm/aa)	

## DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a DIOS que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de investigación, A mis padres por estar alli cuando más los necesite; en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación y a la facultad de Biología Marina, que sirva de fundamento para otras investigaciones futuras.

# Todos unídos por conservar el Planeta, nuestra fuente de vída ....

Ama y Preserva la tíerra, nuestro medío de subsístencía, Respeta los océanos y sus ecosístemas, cuída la fauna y la flora; hoy, seamos culpables por tener un planeta sano, no seamos partícípes de nuestra propía destrucción que será el lamento del mañana.

Heywet Stark Howard

#### **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a directivos y colaboradores de Parques Naturales los Corales del Rosario y de San Bernardo, por permitir el acceso a las playas y espacios de Playa Blanca e Islas del Rosario donde se realizó la recolección de residuos y por proveer la información necesaria para el desarrollo de este proyecto de investigación y que con su amabilidad hicieron de este trabajo una valiosa experiencia.

Agradezco de todo corazón, a la Facultad de Biología Marina de la UNISINU por la oportunidad de pertenecer al grupo de expedicionarios, liderados por el profesor Esteban Zarza, por su valioso aporte al fortalecimiento de mi formación académica, quienes comprometidos con la conservación del medio ambiente y en especial que con su dedicación y conocimiento generaron aportes significativos en las diferentes etapas del desarrollo del trabajo de grado.

A UNISINU, por las experiencias y apoyo brindado, en especial a los profesores por sus comentarios y observaciones. Al igual que monitores y personal de laboratorio que contribuyo con la identificación de los organismos incrustantes. No olvidar a las personas que colaboraron de una u otra forma en el proceso de formación como Biólogo Marino; a Esteban Zarza por sus oportunas sugerencias e incondicional energía, a Patricia Romero por sus aportes y, otros buenos amigos que saben que con su respaldo y buena vibra hicieron de este proyecto algo inolvidable.

### **TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Justificación del problema	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos específicos	8
3 MARCO REFERENCIAL	9
3.1. Marco teórico	
3.1.2. Generalidades de los pastos marinos	10
3.1.3. Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCF	RSB)
	16
3.1.4. Playa Blanca (Isla Barú)	17
3.1.5. Isla Rosario (Archipiélago Nuestra Señora del Rosario)	19
3.2 La "basura": definición y breve historia de su manejo	20
3.3 Clasificación de los residuos sólidos	22

4	ESTADO DEL ARTE	23
5	METODOLOGÍA	27
5.1	Área de estudio	27
5.2	Población y muestra	28
5.3	Métodos y técnicas de recolección	31
5.4	Plan de análisis	34
6	RESULTADOS	36
6.1	l. Residuos sólidos	36
6	6.1.1. Residuos sólidos en Isla Rosario	39
6	6.1.2. Residuos sólidos en Playa Blanca	41
6.2		
6	6.2.1. Entidades taxonómicas registradas en el estudio	45
6	6.2.1.1 Entidades taxonómicas identificadas en Isla Rosario	48
6	6.2.1.2 Entidades taxonómicas identificadas en Playa Blanca	51
6	6.2.2. Abundancia general de organismos	53
6	6.2.2.1 Isla Rosario	57
6	6.2.2.2 Playa Blanca	61
7	ANALISIS DE RESULTADOS	65
7.1	Residuos sólidos	65
-	7.1.1 Posiduos sólidos on Isla Posario	66

7	'.1.2. Residuos sólidos en Playa Blanca	68
7	Composición de organismos asociados a los residuos sólidos	70
	Implicaciones de la extracción de organismos asociados a resididos en las praderas de pastos marinos	
8	CONCLUSIONES	81
9	RECOMENDACIONES	84
10	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
11	ANEXOS	98

# ÍNDICE DE FIGURAS

Página
Figura 3.1. Pradera de <i>Thalassia testudinum</i> con residuos sólidos11
Figura 3.2. Ubicación del área de estudio en el PNNCRSB, y los dos sectores de muestreo: isla Rosario (izquierda) y Playa Blanca (derecha). Imágenes satelitales tomadas de Google Earth 2021
Figura 5.1. Ubicación de las estaciones de muestreo en isla Rosario (Archipiélago del Rosario). Imágenes satelitales tomadas de Google Earth
Figura 5.2. Ubicación de las estaciones de muestreo en Playa Blanca, Isla Barú.  Imágenes satelitales tomadas de Google Earth
Figura 5.3. Diseño de muestreo implementado para la extracción <i>in-situ</i> de los residuos sólidos
Figura 5.4. Procedimiento de campo para la extracción de residuos sólidos del agua y la separación de los organismos: a= preparación para el muestreo; b= residuos sólidos entre los pastos marinos; c= malla con residuos sólidos; d= técnica de buceo libre; e= lata en descomposición; f= juvenil de pulpo y pez de la familia Apogonidae; g= remoción de los organismos; h= implementos usados para clasificación de organismos; i= <i>Gymnothorax</i> sp, Bloch, 1795; j= pez de la familia Apogonidae. Fotos: Miguel Collazos y Esteban Zarza
Figura 6.1. Porcentaje de residuos sólidos totales encontrados por estaciones en cada sitio (E=estaciones; IR=Isla Rosario; PB= Playa Blanca)37
Figura 6.2. Cantidad (Kg) de residuos recolectados de cada muestreo en isla Rosario y Playa Blanca

Figura 6.3. Diagrama de caja que representa las variaciones en el peso de residuos
sólidos extraídos en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario39
Figura 6.4. Variación temporal de los volúmenes de residuos sólidos en Isla Rosario,
con el registro del valor obtenido en cada estación40
Figura 6.5. Porcentaje total de las categorías de residuos sólidos extraídos en isla
Rosario41
Figura 6.6. Diagrama de caja que representa las variaciones en el peso de residuos
sólidos extraídos en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca42
Figura 6.7. Variación temporal de los volúmenes de residuos sólidos en Playa
Blanca, con el registro del valor obtenido en cada estación43
Figura 6.8. Porcentaje total de las categorías de residuos sólidos extraídos en Playa
Blanca44
Figura 6.9. Abundancia de los diferentes grupos taxonómicos asociados a los
residuos sólidos45
Figura 6.10. Porcentaje de representatividad de las distintas entidades identificadas
en cada categoría taxonómica47
Figura 6.11. Entidades taxonómicas de mayor abundancia en las jornadas de
recolección (Los taxa menos representados se encuentra en la categoría "otros"). 48
Figura 6.12. Porcentaje de las principales entidades taxonómicas registradas en las
estaciones en Isla Rosario. a=Estación 1; b= Estación 250
Figura 6.13. Porcentaje de las principales entidades taxonómicas registradas en las
estaciones en Playa Blanca. a=Estación 1; b=Estación 252

(IR) y en Playa Blanca (PB)53
Figura 6.15. Abundancia absoluta promedio de los organismos extraídos de los residuos sólidos en los diferentes muestreos
Figura 6.16. Abundancia relativa (org. /kg.) promedio en cada estación (E), en Isla Rosario y en Playa Blanca
Figura 6.17. Abundancia relativa (org. /kg) promedio de los organismos extraídos de los residuos sólidos en los diferentes muestreos
Figura 6.18. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia absoluta de organismos asociados a residuos sólidos en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario.
Figura 6.19. Variación temporal de la abundancia absoluta en cada muestreo y para cada estación en isla Rosario
Figura 6.20. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia relativa (Org. /kg.) en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario
Figura 6.21. Variación temporal de la abundancia relativa en cada muestreo y para cada estación en isla Rosario
Figura 6.22. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia absoluta de organismos asociados a residuos sólidos en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca
Figura 6.23. Variación temporal de la abundancia absoluta en cada muestreo y para cada estación en Playa Blanca
Figura 6.24. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia relativa (Org. /kg.) en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca63

Figura 6.25. Variación temporal de los organismos extraídos en cada sitio y
muestreo en Playa Blanca64
Figura 7.1. Corales de la especie Siderastrea radians incrustados en botellas de
vidrio en isla Rosario73
ÍNDICE DE TABLAS
Pagina.
Tabla 3.1 Localización y extensión de praderas de pastos marinos en el Caribe
colombiano (Tomado de INVEMAR 2002)14
Tabla 5.1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo28
Tabla 5.2. Fechas de muestreo de las estaciones. Las "x" señalan fechas sin
muestreo, debido a: Cuadro amarillo=dificultades logísticas y operativas del
PNNCRSB en Playa Blanca; Cuadro rojo= condiciones climáticas adversas29
Tabla 6.2. Organismos registrados en los residuos sólidos extraídos en Isla Rosario.
49
40
Tabla 6.3. Organismos registrados en los residuos sólidos extraídos en Playa
Blanca52

#### RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada para la identificación de los organismos epifaunales asociados a residuos sólidos en dos sitios del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB): 1) Playa Blanca, en la isla de Barú, el cual presenta un alto flujo y actividad turística, y 2) Isla Rosario, una zona intangible donde el acceso a visitantes se encuentra restringido. Con el apoyo de Parques Nacionales Naturales de Colombia y la Universidad del Sinú en el año 2019 se llevaron a cabo seis muestreos en dos estaciones, en cada una de las localidades seleccionadas. El procedimiento se realizó por medio de la instalación de transectos de 50 m de largo, ubicados en zonas de pastos marinos someros, en los cuales se recogieron todos los residuos sólidos, como vidrio, plástico y metal, presentes en una banda de 6 m de ancho (3 m a cada lado del transecto). La recolección se efectuó a través de un recorrido acuático con equipo de buceo básico de careta con snorkel y aletas. Los organismos fueron identificados al menor nivel taxonómico posible, directamente en campo, y cuantificados en cada sesión de muestreo. A partir de los datos de campo, se estimó la abundancia absoluta de organismos, y se calculó la abundancia relativa en términos de organismos por kilogramo de residuos sólidos; se realizó un análisis descriptivo de estas variables, las cuales también se evaluaron a través de la prueba de Mann-Whitney ( $\alpha$ =0.05), para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones establecidas en los distintos sitios de muestreo, y se calculó el coeficiente de

correlación por rangos de Spearman entre el peso de residuos sólidos extraídos y la abundancia absoluta y relativa. Al finalizar el estudio, se extrajeron un total de 369 organismos de los residuos sólidos y se logró la identificación de 32 entidades taxonómicas, de las cuales únicamente 10 se pudieron determinar a nivel de especie. El grupo más representativo fue el de los crustáceos (74%), con especial abundancia del grupo de los cangrejos ermitaños. El sitio que presentó mayor cantidad de residuos sólidos fue Isla Rosario y donde se registró mayor abundancia de organismos fue en Playa Blanca durante el mes de octubre. En Isla Rosario se presentó mayor abundancia de organismos la Estación (E) 2 que en la Estación (E) 1, mientras que en Playa Blanca se presentó lo contrario. El promedio de abundancia relativa en Isla Rosario fue de 17,45 Org/Kg., mientras que en Playa Blanca fue de 20,07 Org/Kg. No se presentó una correlación significativa entre los valores de abundancia relativa de organismos y la cantidad de residuos sólidos recolectados (Kg.). El presente estudio demostró, según la variabilidad taxonómica y la cantidad de organismos encontrados en los residuos sólidos, que los desechos pueden ser un potencial sustrato artificial para ser colonizados por muchos organismos, por lo que se recomienda tener la precaución de adelantar actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de los organismos asociados a dichos residuos después de las jornadas de recolección de basuras en ambientes de pastos marinos.

**PALABRAS CLAVE:** Isla Rosario, Fauna asociada, Playa Blanca, pastos marinos, residuos sólidos.

#### 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos marinos son uno de los problemas de impacto ambiental más influyentes en las últimas décadas (Rojo-Nieto y Montoto, 2017) esto es debido a que no solo afectan el lugar de su origen, sino también a diferentes sitios, ya sea de forma directa o indirecta. Las basuras marinas se definen como "cualquier sólido persistente de origen no natural (manufacturado), que haya sido desechado, depositado o abandonado en ambientes marinos y/o costeros" (González, 2013).

La generación de residuos sólidos marinos es un problema no solo ambiental, también económico y de salubridad. Asimismo, los desechos afectan la belleza del paisaje, al tiempo que contaminan los sitios y generan malos olores al descomponerse con el paso de los años (González, 2013).

En cercanías de la ciudad de Cartagena de Indias los residuos provenientes del Canal del Dique y de la zona industrial son arrastrados por el agua hacia la zona marino costera (Corredor, 2020), donde finalmente se depositan en ecosistemas como los arrecifes de coral, manglares y pastos marinos, esto causa un impacto ambiental mucho mayor, que a la vez afecta el hábitat de una gran diversidad de organismos como peces, crustáceos, moluscos, poliquetos, entre otros. Además, a diario se vierten una gran cantidad de residuos sólidos a los océanos, según el ex director del PNUMA, Achim Steiner, 6.4 millones de toneladas de basura son vertidos al mar cada año, por lo cual esta cantidad

continuará en aumento si no se toma acción al problema de los desechos que van al mar (PNUMA, 2011).

Otra característica de los residuos es que seguirán persistiendo en el mar durante cientos de años, por sus materiales de difícil degradación pueden tardar entre 150 y hasta miles de años para degradarse dependiendo de las condiciones medioambientales (Gómez, 2016; Rojo-Nieto y Montoto, 2017). Sin embargo, ese es solo uno de los problemas que presentan las basuras marinas, se encuentran también los problemas relacionados con los organismos; por ejemplo, el caso de algunas tortugas marinas que confunden las bolsas plásticas con alimento y son ingeridos causándoles la muerte inminente (Elías, 2015). También, en el caso de los peces que constantemente ingieren los plásticos o incluso quedan atrapados en estos, privándoles del movimiento o acabando con su vida (Czarnecka *et al.*, 2009).

Por otra parte, los organismos sésiles como los poliquetos, cangrejos y moluscos como los pulpos adoptan ciertos residuos que se hunden como sus nuevos hábitats (Orrego, 1995). Asimismo, los desechos marinos son una de las principales amenazas de la biodiversidad y son motivo de una preocupación mayor debido a su abundancia y persistencia en el medio marino (Elías, 2015).

Por otro lado, el desconocimiento sobre los organismos marinos que se podrían encontrar asociados a los distintos residuos como latas, vidrios, botellas plásticas o desechos de

actividades pesqueras genera un impacto negativo sobre los ecosistemas de las zonas costeras (Gómez, 2016; Rojo-Nieto *et al.*, 2017), ya que por lo general al realizar jornadas de recolección y limpieza, el personal encargado no tiene la precaución de llevar a cabo una revisión de estos residuos con el fin de separar y liberar los organismos.

El presente trabajo buscó caracterizar la fauna de macroinvertebrados y peces que se encuentran asociados a los residuos sólidos marinos en las praderas de *Thalassia testudinum* de Playa Blanca (isla de Barú) e isla Rosario, y establecer diferencias en la composición faunística presente en los distintos tipos de residuos sólidos encontrados.

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

Para el 2014 se estimaba que 10 millones de toneladas de residuos sólidos, como ropa, vidrio, metal, papel, madera y la gran mayoría plásticos terminaban en los mares y océanos del mundo cada año (EEA, 2014), cifra que va en aumento. Estos residuos representan una serie de problemáticas ambientales, sociales y económicas a nivel mundial, dentro de las cuales están los atrapamientos o enmallamientos de organismos, los asociados a microplásticos y las pérdidas económicas para la pesquería (Elías, 2015).

La acumulación y retención de residuos sólidos en el medio marino se da en áreas específicas, teniendo en cuenta la hidrografía, geomorfología y los tipos de residuos, los cuales, según su composición y naturaleza, como peso y densidad, hará que permanezcan en aguas superficiales, en la columna de agua o se hundan llegando al fondo marino (Miranda, 2014; Rojo-Nieto y Montoto, 2017). Sin embargo, existe poca documentación a nivel nacional referente a la asociación generada entre organismos marino-costeros y los residuos sólidos.

Los organismos (fauna-flora) marinos suelen colonizar cualquier sustrato duro que se encuentre en el fondo, sea éste de origen natural o artificial, por lo que los residuos sólidos que se arrojan al océano rápidamente serán ocupados por organismos que

buscan refugio en el sustrato (Aparicio, 2014).

Debido a lo anterior, la falta de cuidado durante el desarrollo de las jornadas de recolección de residuos sólidos submarinos organizadas por distintas entidades u organizaciones que trabajan en la conservación de los ecosistemas, puede originar mortalidad e impactos sobre las poblaciones de los organismos asociados a los residuos.

La recolección de residuos sólidos es una estrategia de limpieza para reducir el impacto negativo sobre el ambiente como la contaminación generada por la acumulación de residuos no biodegradables que afectan directamente el hábitat de los organismos en las áreas de estudio. Esta situación puede resultar en una alta mortalidad de organismos de ciertas especies particulares, causando así un gran impacto en los ecosistemas marinos, como es el caso de las praderas de pastos marinos, debido a la disminución del tamaño poblacional de estas especies asociadas, muchas de las cuales presentan importancia comercial y ecológica.

Debido a que no se tiene estudios científicos que ayuden a determinar a ciencia cierta si los residuos después de un tiempo forman parte del ecosistema de los pastos marinos, o si, por el contrario, realmente dañan o contaminan el hábitat al punto de incurrir en la afectación de organismos, ya que los pastos marinos en especial *Thalassia testudinum*, constituye un reservorio y hábitat natural para la crianza y desarrollo de las primeras fases en el ciclo de vida de muchos organismos marinos.

#### 1.2 Justificación del problema

A pesar que ha habido campañas de limpieza de residuos sólidos en las zonas litorales e infralitorales, no hay evidencias de estudios científicos que identifiquen los organismos que se encuentran asociados a estos residuos. Estas jornadas de limpieza solo se centran en remover los desechos del medio, ya sea que se encuentren en tierra o en el medio acuático, sin tener en cuenta que éstos pueden ser el hábitat de muchas especies que están utilizando estos materiales como su refugio.

Por esta razón, es de suma importancia el estudio y clasificación de los organismos asociados a los residuos. Los residuos al ser depositados en sitios aleatorios, se sumergen en el medio marino y pueden llegar a constituir refugios para algunas especies ya sean peces, moluscos, crustáceos, poliquetos o equinodermos (Gambini *et al.*, 2019). Por otro lado, la identificación de los diferentes grupos taxonómicos permitirá conocer, en prospectiva, el impacto ambiental que realmente ocasiona la incorrecta remoción de los residuos sólidos al momento de realizar jornadas de limpieza, que tienen como objetivo la extracción de los residuos sólidos que afectan los ecosistemas marinos. Sin embargo, al momento de implementar estas prácticas, no se está aplicando una metodología que garantice la no extracción de las especies asociadas a este tipo de sustrato (Corredor, 2020).

Por su parte, el presente trabajo se centró en la remoción de los organismos asociados

a los residuos sólidos en las praderas de pastos marinos, ya que éstas presentan una importante función ecológica que consiste en captar sedimentos, por lo que actúan como filtros naturales y mantienen las aguas limpias, al tiempo que representan importantes áreas de crianza para muchas especies en estadios juveniles, entre otras funciones (Aguirre, 2006; Otero, 2010 Ávila, *et al.*, 2014). A pesar de ello, al momento de realizar las jornadas de limpieza subacuáticas no se tienen en cuenta los impactos ocasionados por remover los desechos de estos ecosistemas.

Los resultados de esta investigación fueron orientados, principalmente, a generar información de los residuos sólidos y de los organismos que se encuentran asociados a éstos, para que, al momento de implementar prácticas de limpieza, no solo subacuáticas sino también en tierra, los personales encargados de éstas sean conscientes en el aspecto de no solo remover los residuos sólidos que afectan los ecosistemas sino que también se deberá realizar un rescate y liberación de los organismos asociados.

Teniendo en cuenta la carencia de fuentes bibliográficas sobre la afectación que se causa a raíz de las distintas jornadas realizadas alrededor del mundo, con esta investigación se contribuirá con la generación de información que sirva de ayuda para las futuras investigaciones, estimulando de esta manera el interés sobre los distintos organismos presentes entre los residuos sólidos, como aporte a la conservación de estas especies y, eventualmente del ecosistema de pastos marinos.

#### 2 OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo general

Caracterizar la fauna asociada a residuos sólidos sumergidos presentes en praderas de *Thalassia testudinum* de Playa Blanca (Isla de Barú) e Isla Rosario (Archipiélago del Rosario).

#### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar taxonómicamente los organismos encontrados en los residuos sólidos extraídos de los pastos marinos.
- Determinar la composición de los organismos que se encuentran asociados a los residuos sólidos en el área de estudio, y sus diferencias entre sitios y épocas de muestreo.
- Analizar los volúmenes y composición de los residuos sólidos extraídos en cada sitio y época de muestreo.
- Relacionar los tipos de residuos con la abundancia de los organismos en cada sitio
   y época de muestreo.

#### 3 MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Marco teórico

#### 3.1.1. Praderas de pastos marinos

Los pastos marinos son plantas vasculares que viven y completan sus ciclos de vida totalmente sumergidas en medios salinos o salobres (Díaz et al., 2003). Asimismo, representan uno de los más ricos e importantes ecosistemas marino-costeros del mundo, que soporta especies clave y ecológicamente fundamentales de todos los niveles tróficos (Vargas, et al. 2009). Estos ecosistemas se encuentran distribuidos a nivel mundial prácticamente en todas las costas del globo terráqueo (exceptuando en la Antártida y gran parte de la costa del Pacífico de Suramérica). A pesar de ser un grupo taxonómico de amplia distribución, exhiben baja diversidad genética (aproximadamente 60 especies comparadas con las 250.000 que representan a las angiospermas terrestres) y actualmente 10 de las 72 especies que se reportan, se encuentran en riesgo de extinción y tres en peligro crítico (INVEMAR, 2010). En el Gran Caribe se han registrado nueve especies de pastos marinos, de los cuales seis están representados en el Caribe colombiano (INVEMAR 2002), siendo *Thalassia testudinum* la formadora de las praderas más representativas y comunes en el litoral costero.

Como ecosistema cumple un sinnúmero de funciones ecológicas entre las que se destacan la producción de fuentes directas e indirectas de alimento, el suministro de sustrato para la fijación de epífitos y su contribución en la recirculación de nutrientes y estabilización de sedimentos (INVEMAR 2002). Además, actúan como refugio y salacuna de vertebrados e invertebrados de importancia ecológica y comercial. Sumado a esto, las praderas sirven como un amortiguador de la energía proveniente de las olas y la marea, permitiendo la suspensión y estabilización de los sedimentos, creando ambientes de baja energía y protegiendo la línea de costa (INVEMAR, 2010). Adicional a esto, por lo general se encuentran estrechamente relacionados con otro tipo de comunidades, aunque en el trópico, las asociaciones son más bien interacciones complejas con comunidades de manglares y sistemas de arrecifes coralinos (INVEMAR, 2010).

#### 3.1.2. Generalidades de los pastos marinos

Los pastos marinos son los únicos representantes de las angiospermas que han evolucionado desde tierra firme hacia el mar, logrando así una adaptación al medio marino (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005). Existen unas 57 especies de pastos marinos, agrupadas en 12 géneros y cuatro familias (Kuo & Hartog, 2001).

Hablando taxonómicamente, no son pastos verdaderos, sino que han adquirido este nombre debido a la gran similitud morfológica que poseen con las herbáceas terrestres, los pastos presentan una apariencia de campo de césped y la dispersión por estolones (Rodríguez-Ramirez, et al., 2005). Su exitoso crecimiento vegetativo es gracias a su

extensión de rizomas de donde nacen tallos cortos con hojas que pueden tener formas de cinta, tubulares u ovaladas (INVEMAR. 2005).



Figura 3.1. Pradera de *Thalassia testudinum* con residuos sólidos.

#### Condiciones óptimas para los pastos marinos

Según Morris y Tomasko (1993) la presencia de los pastos marinos se ve limitada a zonas que presenten una abundante iluminación y aguas someras, que facilitan el proceso de la fotosíntesis. Con un sustrato adecuado y buenas condiciones de agua los pastos marinos pueden proliferar por el fondo marino, hasta generar amplias praderas que pueden llegar a cubrir gran parte del lecho marino, y estas tienden a estar conformadas usualmente por dos o más especies, en donde una de ellas es la dominante (Aguirre, 2006). En el caso del Caribe colombiano, la especie predominante es *T. testudinum* (Invemar, 2002; INVEMAR, 2005; Martínez-Daranas, *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2010.

Los pastos marinos se encuentran comúnmente ubicados en los sustratos arenosos en las zonas costeras someras (INVEMAR, 2002), donde el pasto presenta adaptaciones morfológicas especializadas como flores, raíces, y "hojas", sus raíces les permiten estar adheridos al sustrato; las hojas proporcionan un hábitat para los organismos que se encuentran en su entorno; y las flores les facilitan la proliferación para poder colonizar nuevos sustratos arenosos (Ávila, *et al*, 2014).

#### Macroinvertebrados asociados a los pastos marinos

Los macroinvertebrados se definen como aquellos que viven asociados a la epifauna y tiene un rango de tamaño superior a 500 µm. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente (Ladrera *et al.*, 2013; Roldán-Pérez, 2016). Según estudios realizados por Otero (2010, los grupos dominantes en los pastos son los moluscos (39,5%), seguidos de crustáceos (36,4%), los poliquetos (23%) y los poríferos (1,1%), dando a entender que se tiene mayores posibilidades de tener más avistamientos de moluscos y crustáceos entre los pastos marinos.

#### Distribución de las praderas de pastos marinos en Colombia.

En el año 2002 las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano poseían una extensión total de 43.219 ha, que están distribuidas de manera discontinua por toda la costa continental y en el archipiélago de San Andrés y Providencia, debido a sus óptimas condiciones y sus favorables factores como aguas poco turbias, altas salinidades entre 24-34 PPT, bajas turbulencias, temperatura óptima, entre otros (INVEMAR, 2002). Según

Zieman (1973) y Den Hartog, (1977), los pastos marinos solo se desarrollan en condiciones de salinidades entre 24-34 PPT y en aguas cristalinas y con bajas sedimentaciones, esto explica la razón por la cual los pastos marinos están distribuidos discontinuamente en sitios específicos en los mares del Caribe colombiano (INVEMAR, 2002).

Por otro lado, San Andrés y Providencia posee 2.004 ha (4,7%) de pastos marinos, las otras 41.190 ha (95,3%) se encuentran distribuidas en aguas someras entre 0-14m de profundidad a lo largo de la costa continental y alrededor de ciertas islas sobre la plataforma (INVEMAR 2002).

El área que presenta la mayor abundancia de pastos es la península de La Guajira, esto incluye desde el Cabo de la Vela a Riohacha, bahía Portete y Puerto López. En La Guajira las praderas ocupan 34.673 ha, constituyendo el 80,2% del total existente entre el Caribe colombiano. Entre Cartagena y las costas sur occidentales del Golfo de Morrosquillo, incluyendo las que rodean las Islas de San Bernardo y el Rosario, se encuentran otras 5.714 ha (13,2%) de praderas (INVEMAR, 2002) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Localización y extensión de praderas de pastos marinos en el Caribe colombiano (Tomado de INVEMAR 2002).

Áreas	Hectareas (Ha)	% Total
Cabo de la Vela-Riohacha	33174	76.8
Puerto López	180	0.4
Portete	1320	3.1
Tayrona	97	0.2
Isla Arena	2	0.005
Cartagena	77	0.2
Barú-l Rorasio	835	1.9
Punta San Bernardo-Canal del Dique	2170	5.0
Golfo de Morrosquillo	189	0.4
Islas de San Bernardo	2443	5.7
Isla Fuerte	624	1.4
Isla Tortuguilla	12	0.02
Urabá	94	0.2
San Andrés	400	0.9
Providencia	1603	3.7
Total Caribe Colombiano	43219	100

#### • Taxonomía del pasto tortuga Thalassia testudinum

El pasto marino *T. testudinum* fue descrito por Banks ex König, en el año 1805 (Vargas et al., 2009), y fue clasificada taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino: Plantae.

Phylum: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Hydrocharitales.

CARACTERIZACION DE FAUNA ASOCIADA A RESIDUOS SOLIDOS EN PLAYA BLANCA E ISLA ROSARIO

Familia: Hydrocharitaceae.

Género: Thalassia.

Especie: *Thalassia testudinum* Banks ex König, (1805).

Las Hidrocaritáceas son una familia de hierbas perennes, acuáticas sumergidas o

flotantes. Sus hojas son simples, pero presentan diversas formas y figuras; su flora

hermafrodita de disposición dioica o raramente andróginos; tienen un periantio con tres

sépalos y tres hojas; androceo con dos y hasta quince verticilos; ovario ínfero; flores

solitarias y frutos baciformes; compuesta alrededor de setenta especies, se caracterizan

por estar en regiones cálidas y templadas (Kuo y Hartog, 2001).

El pasto tortuga, T. testudinum, recibe este nombre por ser uno de los sitios favoritos de

estos testudíneos (Davidson, 1998). Los pastos marinos han existido desde el periodo

cretácico, gracias a su capacidad de resistir altos rangos de salinidad debido a que sus

hojas maduras ayudan a diluir la sal y permite el crecimiento de las nuevas hojas hasta

que sean autosuficientes en el medio salino (Kricher, 1977).

Estas angiospermas marinas tienen la capacidad de reproducirse de dos formas:

sexualmente, a través de la floración y producción de plántulas; y asexualmente mediante

un rizoma o tallo subterráneo que crece horizontalmente (Davidson, 1998). De acuerdo a

lo establecido por Wood et al., (1969), T. testudinum cumple las siguientes funciones

ecológicas:

15

- Presenta una alta tasa de crecimiento.
- Hábitat para una gran cantidad y variedad de organismos epífitos.
- La mayoría de sus cadenas alimenticias están basadas en sus detritus.
- Ayuda en el ciclo del azufre, nitrógeno y fósforo (Thayer, 1975).
- Sus raíces atrapan los sedimentos y reducen la superficie de erosión.
- Las hojas incrementan la sedimentación de materia orgánica en las plantas.

Por otro lado, *T. testudinum* tiene una estrecha relación de temperatura-salinidad, es capaz de tolerar salinidades bajas en temperaturas bajas, pero, es incapaz de soportar bajas salinidades cuando el agua presenta temperaturas altas (Zieman, 1970). Así mismo, la investigación de Davidson (1998) concluyó que existe una relación estrecha entre *T. testudinum*, manglares y arrecifes de coral, y afirma que cada uno de estos ecosistemas entre ellos existe una conectividad ecológica y al mismo tiempo beneficia a muchas especies y a los propios ecosistemas.

#### 3.1.3. Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB)

El Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB) fue declarado parque nacional natural en 1977, con la finalidad de desarrollar actividades de conservación de la diversidad biológica desde la educación ambiental, control de uso de los recursos naturales, investigación, monitoreo ambiental, ecoturismo y gestión interinstitucional (INVEMAR, 2002, Pineda, *et al.*, 2006). En sus inicios, el parque presentaba una superficie de 17.800 ha, luego fue reorganizado en 1988 para ampliar su

superficie e incluir dos islas de importante valor ecológico: Isla Tesoro en el norte, e isla del Rosario en el sur. En 1996, el área se amplió nuevamente fusionando los territorios sumergidos que separaban las islas de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo (INVEMAR, 2002, Pineda, *et al.*, 2006).

La razón de la declaración del parque se debe a la gran variedad de ecosistemas marinos y costeros con alta productividad natural y la gran biodiversidad que ofrece, entre ellos un gran conjunto de ecosistemas submarinos y comunidades, habitado principalmente por corales que albergan cientos de animales microscópicos, diversidad de peces, crustáceos, moluscos, anémonas, equinodermos, entre otros organismos (INVEMAR, 2002, Pineda, *et al.*, 2006; Otero, 2010).

#### 3.1.4. Playa Blanca (Isla Barú)

La Isla de Barú se encuentra dentro de la jurisdicción del Distrito de Cartagena de Indias, es característico por sus áreas de extensas playas, destino turístico, clima tropical y litorales rocosos a lo largo de su borde costero (Cendales, *et al.*,2002; Pineda, *et al.*, 2006).

La zona marina adyacente a la isla de Barú se encuentra dentro de los límites administrativos del PNNCRSB, es un área protegida que cuenta con un gran valor ambiental de gran importancia para Colombia y el mundo. El área protegida abarca una gran zona marina frente a las costas de los departamentos de Bolívar y Sucre, con un

área aproximada de 120.000 ha, que constituyen un conjunto de ecosistemas muy valiosos por su alta biodiversidad y productividad, con la mayor extensión de formaciones coralinas en la plataforma continental del Caribe colombiano, y cerca de 420 km² de superficie del fondo marino cubierta por pastos marinos (Invemar, 2002; Pineda, *et al.*, 2006).

La principal actividad económica de los pobladores de Playa Blanca es el turismo, gracias a sus extensas zonas costeras con litorales arenosos y rocosos, por lo que comprende uno de los destinos turísticos más frecuentados en Colombia (Corredor, 2020). Entre sus principales atractivos se encuentra su mar de siete colores, que es altamente visitado por turistas nacionales y extranjeros, por lo que se ha llegado a registrar sobre ocupación en las playas y algunas afectaciones sobre los ecosistemas. Así por ejemplo, en la jornada de vacaciones de junio de 2019, cerca de 28.000 personas ingresaron por vía terrestre a Playa Blanca (Valdés, 2020), lo que produjo grandes aglomeraciones y acumulaciones masivas de residuos sólidos, tanto en la playa emergida, como en los ecosistemas sumergidos, los litorales rocosos, los arrecifes de corales, las lagunas costeras y finalmente en los pastos marinos, que es el ecosistema más extenso en las aguas someras de Playa Blanca (Pineda *et al.*, 2006) y que se ha visto más afectado por la contaminación por encontrarse adyacente a la playa, donde se concentra la actividad turística (INVEMAR, 2017).

#### 3.1.5. Isla Rosario (Archipiélago Nuestra Señora del Rosario)

Esta isla se encuentra localizada en el archipiélago del Rosario y cuenta con protección especial debido a su categoría de zona intangible, dentro de un área de conservación especial, como lo es el PNNCRSB (Figura 3.2). La isla presenta una cobertura, principalmente, de vegetación de bosque seco, zonas de manglares, playas constituidas por sustratos arenosos de origen coralino y pastos marinos someros (INVEMAR, 2010). Gracias a su condición especial de protección, en estas zonas no se permite el ingreso de visitantes ni el desarrollo de actividades antropogénicas que generen impactos negativos en los ecosistemas. Sin embargo, se ha evidenciado una alta presencia de residuos sólidos en sus playas, como vidrios, botellas plásticas, pañales, latas de metal e incluso electrodomésticos (Corredor, 2020), que en su mayoría llegan arrastrados por las corrientes y terminan asentados dentro de las praderas de pastos marinos, manglares, arrecifes de coral y las zonas costeras (Corredor, 2020).



Figura 3.2. Ubicación del área de estudio en el PNNCRSB, y los dos sectores de muestreo: isla Rosario (izquierda) y Playa Blanca (derecha). Imágenes satelitales tomadas de Google Earth 2021.

#### 3.2 La "basura": definición y breve historia de su manejo

Los desechos o comúnmente llamados "basura", es todo aquel material que el hombre ha decidido descartar (Dimarco, 2007). Sin embargo, al abarcar un tema como los residuos sólidos, éste se amplía más. En un enfoque moderno, los residuos sólidos "son todas aquellas sustancias o productos que ya no necesitamos pero que algunas veces pueden ser aprovechados" (García, 2019).

La revolución industrial, a comienzos de 1760, es cuando por primera vez se ve la necesidad de afrontar los desperdicios y residuos sólidos (Cabrera, 2014). Pero no es

hasta la década de los setenta, con el abuso de los plásticos se adquiere un mayor conocimiento ambiental.

A partir de los años 90, después de las diferentes Cumbres Mundiales de Desarrollo y Medioambiente de las Naciones Unidas como las celebradas en Río de Janeiro en 1992, Protocolo de Kyoto en 1997 y las sucesivas Estrategias Comunitarias para el Desarrollo Sostenible desarrolladas en la Unión Europea, firmaron tratados de manejo, reciclaje y eliminación de residuos sólidos de un solo uso, donde se creó conciencia ambiental en la buena práctica e implementación de los residuos en sus países; son el claro ejemplo que se tiene que realmente considerar el tipo de manejo que se le está dando a los residuos sólidos en los países latinoamericanos como lo es Colombia.

La gestión adecuada de residuos sólidos es un tema del que se habla continuamente en el mundo, debido a que ésta no solo puede afectar socioeconómicamente a un país, sino también su entorno ambiental y el de países vecinos (Gálvez, 2004; Álvarez, 2016). A nivel mundial se han desarrollado todo tipo de iniciativas ambientales a favor del mejoramiento del manejo de los residuos sólidos, donde en distintos estados se han establecido regulaciones que favorecen significativamente el cambio que se pretende lograr. Colombia no es la excepción, en el país se han implementado una gran cantidad de normas y leyes que han permitido generar entornos sostenibles, una de ellas está establecida en la gestión integral de residuos sólidos que hoy en día se constituye como un eje imprescindible para el cuidado del medio ambiente (García, 2019).

### 3.3 Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos han sido clasificados de diversas maneras, estructuralmente conservan ciertas características desde su origen hasta su disposición final. Los diferentes usos de los materiales, su biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad, etc., juegan un papel importante desde la perspectiva de quien los clasifica, teniendo algunas diferencias entre una u otra clasificación (Barradas, 2009). Sin embargo, una de las clasificaciones normalmente usada indica que son: residuos sólidos orgánicos los que anteriormente tuvieron vida o derivan de esta; o los inertes o inorgánicos, que son los incapaces de degradarse o tardan años en desaparecer, como los vidrios, metales, los plásticos etc. Estos son los tipos de residuos que más afectan el medio ambiente (Tchobanoglous, 1994; Sáez y Urdaneta, 2014; Corredor, 2020).

También los residuos pueden ser clasificados según su procedencia, como por ejemplo: residuos urbanos, de construcción, agropecuarios, clínicos o sanitarios, solidos de depurados de agua, de incineración, industriales, como los elaborados con metales, las latas de aluminio son el claro ejemplo de ello, que son uno de los más persistentes en el ecosistema debido a su composición resistente a las adversidades del medio, duran más tiempo en degradarse y contaminan el medio en el que se encuentran (Barradas, 2009).

## 4 ESTADO DEL ARTE

Como antecedentes de esta investigación se han registrado investigaciones realizadas sobre macroinvertebrados asociados a los pastos marinos (Aguilar y Gutiérrez, 2004; Aguirre, 2006; Ávila, *et al*, 2014), en los cuales se registraron datos de abundancia en fauna en las praderas de pastos marinos, pero no se tuvo en cuenta la presencia de organismos asociados a los residuos sólidos. A diferencia, se ha registrado la presencia de macroinvertebrados en residuos sólidos en ambientes acuáticos diferentes a los pastos marinos, como es el caso de cuerpos de aguas represadas (Czarnecka, 2009).

Con referencia a la fauna invertebrada en pastos marinos, Aguirre (2006) realizó una comparación estacional de la comunidad de los macroinvertebrados epibentónicos asociados a praderas de *T. testudinum* en La Guajira, Caribe colombiano, con el objetivo de generar nueva información acerca de la diversidad y abundancia de los organismos bentónicos, teniendo en cuenta las épocas seca y lluviosa. En esta investigación se lograron identificar 110 especies, entre las cuales se presentó un predominio de los moluscos, con 30,9% del total, y se registraron diferencias en la composición y abundancia de organismos bentónicos entre la época seca y lluviosa.

Por otro lado, Otero (2010) realizó una prospección de las comunidades faunísticas asociadas a las praderas de *T. testudinum* en el Golfo de Morrosquillo (zona de Berrugas)

durante las épocas de sequía y lluvias. Este autor documentó que, durante la época seca, los grupos de organismos predominantes fueron los moluscos (39, %), seguido de los crustáceos (36,4%), los poliquetos (23%) y los poríferos (1,1%). Por su parte, en la época lluviosa el grupo más abundante fue el de los crustáceos (63,7%), seguido de los moluscos (25,1%), los poliquetos (9,73%) y los poríferos (1,37%). Este estudio concluye que las temporadas influyen enormemente en la abundancia de los grupos de organismos que se pueden encontrar en las praderas de pastos marinos.

Años más tarde, Ávila *et al.*, (2014) contribuyeron con un estudio de distribución espacial de los ensambles de macroinvertebrados asociados a praderas de pastos marinos en la laguna de Términos, Campeche (México). La caracterización resultó un total de 40 especies de macroinvertebrados, en las cuales el taxón más abundante fue el de los moluscos (31 especies), seguido por los poríferos (cuatro especies), crustáceos (tres especies) y poliquetos (dos especies). En este estudio se concluye que los ecosistemas de pastos marinos presentan una gran diversidad y abundancia de macroinvertebrados comparados con otros ecosistemas.

En cuanto a los residuos, Palacios *et al.* (2002) caracterizaron los residuos sólidos presentes en las playas en zonas marino-costeras de Tarará (Cuba) y realizaron un seguimiento durante dos semestres sobre la calidad de las aguas, con el objeto de realizar un plan de gestión ambiental y manejo integrado de los residuos para la zona, orientado a una producción y manejo de los desechos de manera más sostenible. Los

autores comprobaron que la calidad de las aguas cumple con los requisitos higiénicosanitarios determinados para el uso de bañistas con algunos puntos críticos donde se
realizan derramamientos. Por otro lado, los residuos encontrados en la playa calcularon
que el 45% provienen de materiales como el plástico y el cartón, 31% de materiales
inertes como latas de bebidas y alimentos y otros tipos de metales, 16% de tipo orgánico
y 8% de tipo forestal. Este estudio concluye que el contenido de residuos orgánicos es
inferior al contenido de combustibles inertes debido a los bajos períodos de permanencia
de los residentes en las casas y yates que visitan las costas, y plantean un método de
reciclaje, producción de compostaje y recolección selectiva de los residuos generados
para realizar un aprovechamiento monetario de los desechos.

Por su parte, Araujo y Costa (2007), implementaron una metodología de diagnóstico visual para determinar la acumulación de residuos sólidos en la playa turística de Pernambuco (Brasil) en la cual manejaron cuatro niveles de identificación según el grado de acumulación de residuos sólidos (A-ausente, B-trazas, C-inaceptable y D-objetable). Los autores hallaron niveles más altos de contaminación en los extremos norte y sur del litoral, donde por efecto de la dinámica marina se tienden a acumular los residuos generados del sector centro de la playa, la cual es la más frecuentada y se localizaron menores niveles de acumulación de basura. Los autores concluyen que este método visual permite realizar diagnósticos eficaces del estado de contaminación de las playas para tomar acciones reformatorias y anticipadas dentro de un plan de manejo costero de residuos sólidos.

En Cartagena de Indias se han venido desarrollando actividades sociales en pro de la reducción del uso de residuos sólidos mediante estrategias educativas, con lo que se pretende disminuir el impacto negativo que estos han causado y en consecuencia mitigar el impacto ambiental que está causando en el mar (Fundación Bahía y ecosistemas de Colombia, 2019).

Cabe resaltar que se encontraron investigaciones sobre organismos asociados a praderas de pastos marinos y estudios puntuales de la descripción de los residuos sólidos en el ecosistema (Aguirre 2006; Otero, 2009; Ávila *et al.*,2014; Rojo y Montoto, 2017; Corredor, 2020), pero ninguna de éstas tenía en cuenta los organismos que se encontraban asociados a los residuos sólidos, por lo que la esta investigación es pionera en este campo, y generará información muy importante para el manejo de estos organismos presentes en los residuos sólidos sumergidos.

# 5 METODOLOGÍA

En el año 2019 se llevaron a cabo salidas conjuntas entre el PNNCRSB y la Universidad del Sinú Seccional Cartagena, para la recolección y disposición de residuos sólidos submarinos como parte de las brigadas de Proyección Social de la Escuela de Biología Marina, en donde se generó información sobre los residuos recolectados y los diferentes organismos asociados a éstos. Las jornadas de recolección y extracción de organismos asociados a los residuos sólidos se realizaron en los meses de marzo, abril, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, cabe recalcar que no se realizó jornada por mes, si no que se trabajó con la disponibilidad de los permisos en tiempos oportunos donde estuvo estipulado en la metodología realizada por el personal de PNNCRSB; esta metodología se diseñó para registrar información antes y después de la alta temporada turística, incluyendo semana santa y semanas de recesos.

## 5.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el sector marino-costero de Playa Blanca e Isla Rosario. El primer sitio comprende un extenso litoral arenoso de cerca de 3 km de extensión, ubicado en el sector occidental de la isla de Barú, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 75°36′16,833″W y 10°14′15,625′N, entre los sectores de La Puntilla y Las Cuevas (Min Ambiente, 2018). Las temperaturas anuales promedio en Isla Barú se

encuentran entre 27°C y 30°C, y presenta un régimen estacional con periodos de sequía que comprenden los meses desde diciembre hasta abril, y un periodo de lluvia desde mayo hasta noviembre; en el área marina adyacente a esta playa se encuentran amplios parches de pastos marinos, con predominio de la especie *T. testudinum*.

El segundo lugar seleccionado para la presente investigación es Isla Rosario, que es un área intangible del PNNCRSB donde no es permitido el desarrollo de actividades recreativas por lo que está prohibido el ingreso de visitantes; esta isla presenta praderas de pastos marinos someros en casi todo su borde, también con predominio de *T. testudinum* 

# 5.2 Población y muestra

El registro de datos en campo se adelantó en el año 2019 en dos estaciones en cada localidad de muestreo, las cuales se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas geográficas (Tabla 5.1):

Tabla 5.1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Sitios	Playa Blanca (Isla Barú)		Isla Rosario		
Coordenadas	Latitud Longitud		Latitud	Longitud.	
Estación 1	10°13'1,37"N	75°36'54,07"O	10°10'02"N	75°47'45"W	
Estación 2	10°13'22,22"N	75°36'33,83"O	10°10'02"N	75°47'19"W	

Estas estaciones fueron previamente definidas por parte del personal del PNNCRSB para el monitoreo de residuos sólidos en el área protegida (Figuras 5.1 y 5.2), y se ubicaron en áreas infralitorales cercanas a la costa, dentro de praderas de pastos marinos y a una profundidad entre 1 y 2 m. En las estaciones de Isla Rosario se llevaron a cabo seis muestreos, mientras que en Playa Blanca solo se pudieron adelantar cuatro, para un total de 10 muestreos durante todo el año 2019, esta diferencia en el número de muestreos obedeció a problemas de seguridad evidenciados en la zona, debido a confrontaciones y agresiones verbales de la comunidad de Playa Blanca hacia el personal del PNNCRSB, que comprometieron el desarrollo de la actividad por riesgo a la integridad de los funcionarios e investigadores. Además, no se pudo llevar a cabo el último muestreo en Isla Rosario E2 debido a condiciones climáticas adversas (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Fechas de muestreo de las estaciones. Las "x" señalan fechas sin muestreo, debido a: Cuadro amarillo=dificultades logísticas y operativas del PNNCRSB en Playa Blanca; Cuadro rojo= condiciones climáticas adversas.

Sitios	Isla Rosario		Playa Blanca (Isla Bar	
Muestreos	Estación 1	Estación 2	Estación 1 Estación	
Muestreo 1	4/03/2019	4/03/2019	X	х
Muestreo 2	29/04/2019	29/04/2019	X	x
Muestreo 3	11/06/2019	11/06/2019	10/06/2019	10/06/2019
Muestreo 4	30/09/2019	30/09/2019	1/10/2019	1/10/2019
Muestreo 5	29/10/2019	29/10/2019	28/10/2019	28/10/2019
Muestreo 6	3/12/2019	Х	2/12/2019	2/12/2019



Figura 5.1. Ubicación de las estaciones de muestreo en isla Rosario (Archipiélago del Rosario). Imágenes satelitales tomadas de Google Earth.

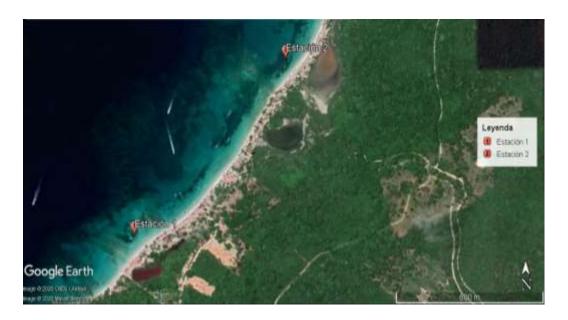


Figura 5.2. Ubicación de las estaciones de muestreo en Playa Blanca, Isla Barú. Imágenes satelitales tomadas de Google Earth.

# 5.3 Métodos y técnicas de recolección

Para el registro de información en campo, en cada estación se extendió un transecto paralelo a la costa de 50 m de largo, en el cual se recogieron todos los residuos sólidos presentes en una banda de 6 m de ancho, donde estuvo dividido en 3 m a cada lado del transecto (figura 5.4). El procedimiento se realizó por medio de un recorrido subacuático con equipo de buceo básico de careta con snorkel y aletas, a lo largo del cual se recogieron residuos sólidos del fondo del sustrato marino como vidrio, plástico y metal, que fueron dispuestos en bolsas de malla de 1 mm de tamaño de poro. Una vez se finalizó el recorrido, las bolsas fueron llevadas a piscinas o tanques plásticos, donde se realizó la limpieza de cada tipo de residuo, con la finalidad de extraer la totalidad de los organismos presentes; la toma de muestras por transectos se realizó por triplicado en cada estación y fecha de muestreo (Figura 5.5).

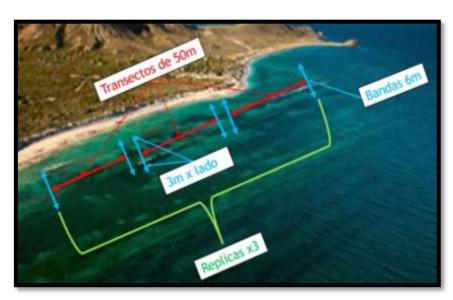


Figura 5.3. Diseño de muestreo implementado para la extracción *in-situ* de los residuos sólidos.

Los residuos recolectados fueron cuantificados y se separaron en categorías de vidrios, latas y no aprovechables (donde se incluyen plásticos desechables e icopor, entre otros). Con una balanza de 100 kg fueron pesados con la finalidad de llevar un registro de su cantidad en términos de masa.





Figura 5.4. Procedimiento de campo para la extracción de residuos sólidos del agua y la separación de los organismos: a= preparación para el muestreo; b= residuos sólidos entre los pastos marinos; c= malla con residuos sólidos; d= técnica de buceo libre; e= lata en descomposición; f= juvenil de pulpo y pez de la familia Apogonidae; g= remoción de los organismos; h= implementos usados para clasificación de organismos; i= *Gymnothorax* sp, Bloch, 1795; j= pez de la familia Apogonidae. Fotos: Miguel Collazos y Esteban Zarza

## 5.4 Plan de análisis

Durante el desarrollo de la investigación no fue posible obtener un permiso de recolección de material biológico por parte del PNNCRSB, debido a esto la identificación de los organismos encontrados se realizó directamente durante las salidas de campo, y se basó únicamente en la observación de caracteres macroscópicos externos, lo que limitó la definición taxonómica. Para esta identificación en campo, se utilizaron las claves y guías taxonómicas propuestas por INVEMAR (2010) para la identificación de corales; Penagos-García (2013) para la identificación de los moluscos; Benavides-Serrato *et al.* (2011), Borrero-Pérez *et al.* (2012) para equinodermos, Cervigón *et al.* (1992) para peces, y finalmente para los crustáceos se utilizaron las claves de Boschi (1963), Guerra *et al.* (2006) y Mite y Gonzabay (2009).

Los datos se almacenaron en una matriz del programa Microsoft Excel, y se les realizó un análisis estadístico descriptivo con relación a los distintos tipos de residuos sólidos encontrados y a la abundancia de organismos, la cual fue calculada en términos absolutos como el número total de individuos registrados en cada muestreo, y en términos relativos como el número de individuos por kilogramo de residuos sólidos extraídos.

Los datos obtenidos en el estudio no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo tanto, se implementó la prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para analizar las siguientes variables: a) Peso de residuos sólidos extraídos, b)

Abundancia absoluta y c) Abundancia relativa, las cuales se compararon entre E1 y E2, tanto para isla Rosario como para Playa Blanca. Adicionalmente, se calculó el coeficiente de correlación por Rangos de Spearman ( $\alpha$ =0,05) entre la abundancia absoluta y peso de residuos sólidos, para cada uno de los sitios de muestreo.

## 6 RESULTADOS

# 6.1. Residuos sólidos

En términos generales, se recolectaron un total de 84,6 kg de residuos durante las jornadas de muestreos, de los cuales el 57% se obtuvo en Isla Rosario (48,4 kg), mientras que en Playa Blanca se extrajo el 43% del volumen total.

A nivel de estaciones, el mayor porcentaje de residuos sólidos se registró en la E1 de Playa Blanca donde se extrajeron 31 kg correspondientes al 37% del total. Por su parte, en la E2 del mismo sitio fue donde menores volúmenes de residuos se registraron con solamente 5,2 kg que representaron el 6% del total (Figura 6.1).

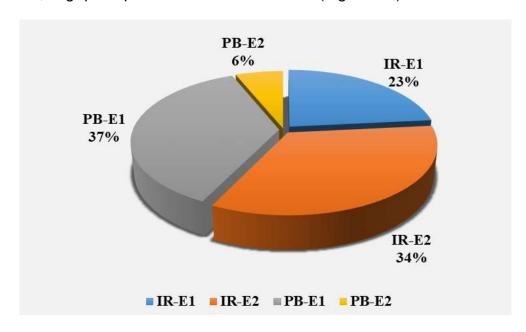


Figura 6.1. Porcentaje de residuos sólidos totales encontrados por estaciones en cada sitio (E=estaciones; IR=Isla Rosario; PB= Playa Blanca).

En el ámbito temporal, es de notar que únicamente se cuenta con datos de volúmenes de residuos sólidos en todos los muestreos para Isla Rosario, ya que en los dos primeros muestreos no fue posible adelantar el registro de organismos entre los residuos de Playa Blanca, debido a dificultades entre la autoridad ambiental y la comunidad nativa que obligaron a que el personal se retirara de la zona sin poder tomar los datos requeridos. En este contexto, los mayores volúmenes de residuos se registraron en Muestro (M) 2 y Muestreo (M) 3 llevados a cabo en Isla Rosario y Playa Blanca, respectivamente: Mientras que los menores volúmenes de residuos se evidenciaron en M6, donde tanto en Isla Rosario como en Playa Blanca se extrajeron menos de 5 kg (figura 6.2).

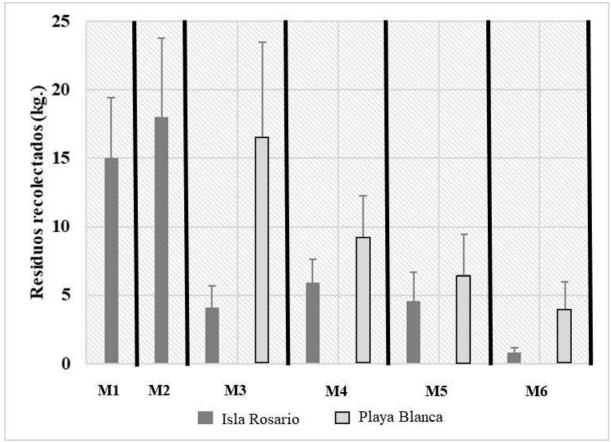


Figura 6.2. Cantidad (Kg) de residuos recolectados de cada muestreo en isla Rosario y Playa Blanca.

La tendencia temporal en la cantidad de residuos en Playa Blanca evidenció una disminución constante de esta variable en el tiempo. Vale la pena mencionar que en M1 y M2 los volúmenes de residuos extraídos en este sitio fueron mucho mayores a los obtenidos en cualquier otro muestreo, pero lamentablemente no se pudieron contabilizar algunos de los muestreos por las razones anteriormente mencionadas.

Por su parte, en Isla Rosario se observó un comportamiento más errático en esta variable, con los mayores volúmenes en M1 y M2, una disminución pronunciada en el M3 seguida

de un leve incremento en M4 y una disminución progresiva hasta el M6. Es de resaltar que en todos los muestreos que cuentan con registros de residuos de manera simultánea en los dos sitios, los valores obtenidos en Isla Rosario siempre fueron mucho más bajos que aquellos obtenidos en Playa Blanca (Figura 6.2).

#### 6.1.1. Residuos sólidos en Isla Rosario

La mayor cantidad de residuos sólidos en Isla Rosario se registró en la estación 2 donde se extrajeron 28,6 kg que representaron el 59% (Figura 6.4). Sin embargo, los resultados de la prueba de Mann-Whitney, a un nivel de confianza del 95% (W = 20,5 y P-valor = 0,360215), muestran que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso de residuos registrados en la E1 y en la E2 (Anexo A).

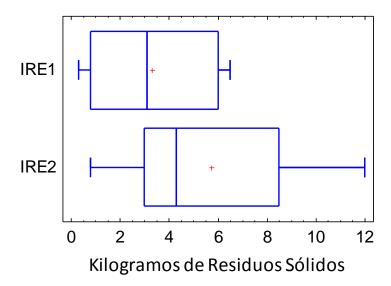


Figura 6.3. Diagrama de caja que representa las variaciones en el peso de residuos sólidos extraídos en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario.

Temporalmente, se observó un comportamiento fluctuante en los volúmenes de residuos en Isla Rosario, como se mencionó con anterioridad, donde el mayor valor se apreció en el M2 (18 kg) y el menor en el M6 (menos de 1 kg), pero con la particularidad que en la gran mayoría de los muestreos los valores en la E2 fueron mayores que en la E1 (Figura 6.4). Cabe recalcar que no hubo datos de la E2 durante el M6 donde no se realizó el muestreo, debido a las malas condiciones climáticas en el área.

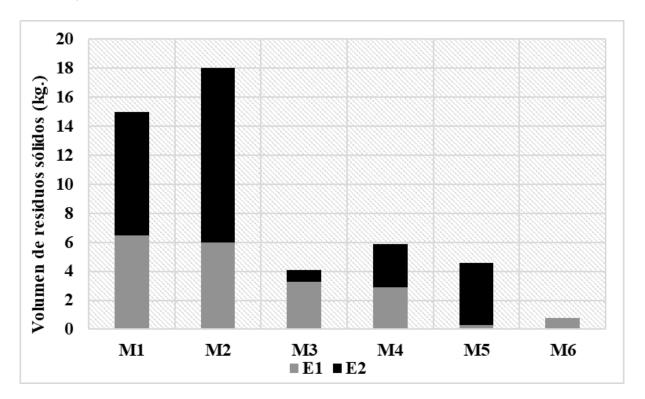


Figura 6.4. Variación temporal de los volúmenes de residuos sólidos en Isla Rosario, con el registro del valor obtenido en cada estación.

Los residuos más abundantes recolectados en la zona intermareal de Isla Rosario fueron los de tipo no aprovechables con 22,4 kg extraídos, correspondientes al 54% del total de

residuos, donde se incluyen plásticos desechables e icopor, entre otros. Mientras que los menores volúmenes registrados correspondieron a las latas con 2,6 kg que comprendieron el 6% del total del material. Vale la pena llamar la atención sobre la gran cantidad de vidrios extraídos equivalentes a 16,9 kg y que representaron el 40% del total de los residuos (Figura 6.5).

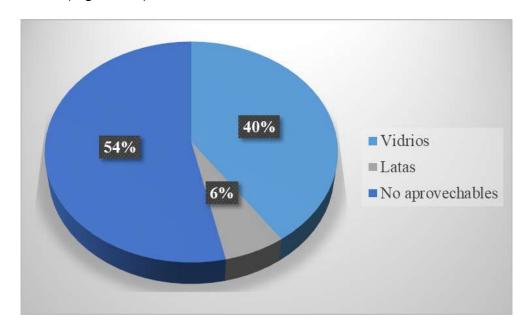


Figura 6.5. Porcentaje total de las categorías de residuos sólidos extraídos en isla Rosario.

# 6.1.2. Residuos sólidos en Playa Blanca

En Playa Blanca, la mayor acumulación de residuos sólidos se evidenció en la E1 de donde se extrajeron 31 kg que comprendieron el 85,6% del total de residuos. Conforme a lo anterior, la prueba de Mann-Whitney (W = 0,0 y P-valor = 0,0303826) evidenció diferencias estadísticamente significativas en el peso de residuos sólidos extraídos en la

E1 y la E2, a un nivel de confianza del 95%, donde se aprecia que la cantidad de residuos registrados en la primera estación fue mucho mayor (Figura 6.6; Anexo B).

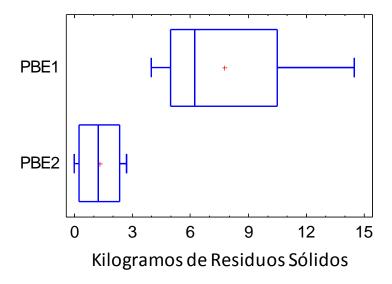


Figura 6.6. Diagrama de caja que representa las variaciones en el peso de residuos sólidos extraídos en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca.

Por su parte, y como se mencionó con anterioridad, la tendencia temporal en los volúmenes de residuos sólidos en Playa Blanca fue hacia la disminución progresiva, con valores máximos que excedieron los 16 kg en el M3, que comprende una cifra cuatro veces mayor a los 4 kg registrados en el M6. Es importante mencionar que, en la totalidad de los muestreos en este sitio, los volúmenes de residuos extraídos en la E1 fueron más del doble que aquellos registrados en la E2 (Figura 6.7).

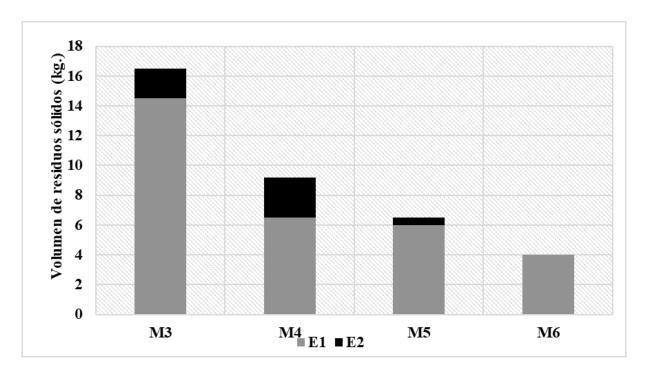


Figura 6.7. Variación temporal de los volúmenes de residuos sólidos en Playa Blanca, con el registro del valor obtenido en cada estación.

El tipo de residuo que presentó mayor acumulación en praderas de fanerógamas de Playa Blanca fueron las latas, cuyo peso total alcanzó los 16,5 kg y que representó el 46% de todo el material extraído en este sitio, mientras que la menor cantidad de residuos estuvieron representados por vidrios, que llegaron a 6,7 kg y 18% de representación (Figura 6.8).

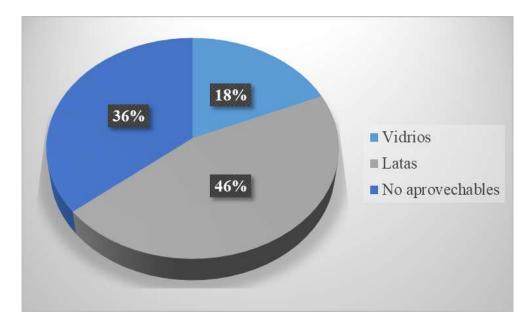


Figura 6.8. Porcentaje total de las categorías de residuos sólidos extraídos en Playa Blanca.

# 6.2. Composición de Organismos asociados a los residuos sólidos

En este trabajo se recolectaron 369 organismos, entre los que predominaron los crustáceos con 272 individuos registrados (Figura 6.9), que comprenden el 74% del total, y con una representación menor de otros grupos como los moluscos (10%), los poliquetos (6%) y los peces (5%); entre los grupos menos representativos se encontraron los cnidarios con 2%, y por último los equinodermos y esponjas, cada uno con una participación del 1% en el total de organismos registrados.

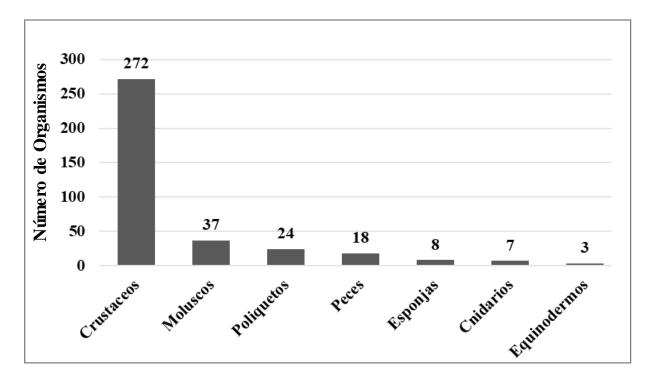


Figura 6.9. Abundancia de los diferentes grupos taxonómicos asociados a los residuos sólidos.

## 6.2.1. Entidades taxonómicas registradas en el estudio

En el presente estudio se identificaron un total de 32 entidades taxonómicas (tabla 6.1), que comprenden la menor categoría taxonómica a la que fue posible llegar directamente en campo. Debido a las limitantes que se presentaron para la fijación de organismos y su posibilidad de trabajo en el laboratorio, la identificación de algunos organismos únicamente fue posible llevar a nivel de Phylum (3,1%), aunque solo se presentó el caso de las esponjas, mientras que la mayor representatividad fue para la identificación a nivel de especie con un 31,3% (Figura 6.10).

Tabla 6.1. Número de entidades taxonómicas identificadas según cada categoría taxonómica.

Categoría taxonómica	No.	Grupo/Entidades taxonómicas	
Phylum	1	Esponjas: Porifera	
Clase	6	Moluscos: Bivalvia, Gastropoda y Polyplacophora Anélidos: Polychaeta Equinodermos: Holothuroidea y Ophiuroidea	
Orden	2	Cnidarios: Actinaria Crustáceos: Amphipoda	
Infraorden	1	Crustáceos: Caridea	
Superfamilia	3	Crustáceos: Majoidea, Paguroidea y Xanthoidea	
Familia	3	Moluscos: Fissurellidae Crustáceos: Alpheidae Peces: Apogonidae	
Género	6	Moluscos: Aplysia y Octopus Crustáceos: Macrocoeloma, Pitho y Portunus Peces: Gymnothorax	
Especie	10	Corales: Porites divaricata y Siderastrea radians Crustáceos: Mithraculus forceps, Mithraculus sculptus, Neogonodactylus oerstedii, Panulirus argus y Pitho Iherminieri Equinodermos: Echinometra viridis Peces: Acanthurus bahianus y Stegastes leucostictus	

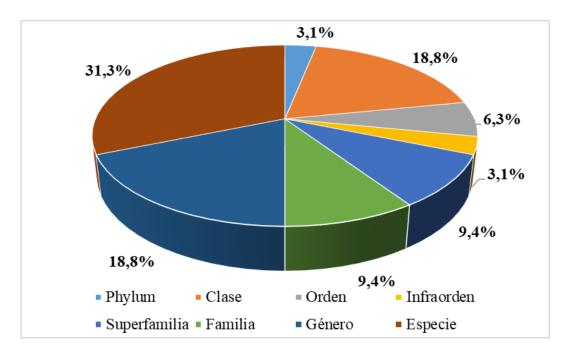


Figura 6.10. Porcentaje de representatividad de las distintas entidades identificadas en cada categoría taxonómica.

En términos de abundancia general, del total de 369 organismos recolectados en el estudio, la mayor abundancia fue de 94 crustáceos de la superfamilia Paguroidea (cangrejos ermitaños), y la menor abundancia fue de tres individuos del género *Octopus* (Mollusca: Cephalopoda) y tres de la especie *Neogonodactylus oerstedii* (Crustacea: Stomatopoda). Es pertinente mencionar que dentro de la categoría "Otros" se incluyó una sumatoria de aquellas entidades taxonómicas que presentaron solamente 1 o 2 registros (Figura 6.11).

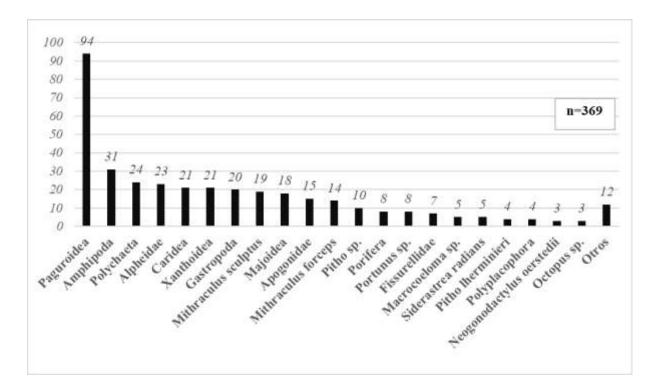


Figura 6.11. Entidades taxonómicas de mayor abundancia en las jornadas de recolección (Los taxa menos representados se encuentra en la categoría "otros").

## 6.2.1.1 Entidades taxonómicas identificadas en Isla Rosario

En Isla Rosario se identificaron un total de 29 entidades taxonómicas, de las cuales 26 se registraron en la E2 (89,7%), mientras que únicamente 14 (48,3%) se observaron en la E1 (Tabla 6.2). En cuanto al número de individuos, de los 160 organismos el 65,6% se registró en la E2 y el 34,4% en la E1.

Tabla 6.2. Organismos registrados en los residuos sólidos extraídos en Isla Rosario.

	Nivel	Especie/Taxón	Estac	Estaciones	
Grupo	Taxonómica alcanzada		E1	E2	
Esponjas	Phylum	Porifera	1	0	
	Orden	Actinaria	1	0	
Cnidarios	Especie	Porites divaricate	0	1	
	Especie	Siderastrea radians	0	5	
Anélidos	Clase	Polychaeta	2	6	
	Clase	Bivalvia	0	2	
	Clase	Gastropoda	7	13	
Moluscos	Clase	Polyplacophora	2	1	
	Familia	Fissurellidae	0	7	
	Género	Aplysia sp.	0	1	
	Orden	Amphipoda	15	6	
	Infraorden	Caridea	3	6	
	Superfamilia	Majoidea	7	0	
		Paguroidea	3	10	
		Xanthoidea	4	1	
	Familia	Alpheidae	1	9	
Crustáceos	Género	Macrocoeloma sp.	2	2	
		Pitho sp.	0	9	
		Portunus sp.	0	1	
	Especie	Mithraculus forceps	3	5	
		Mithraculus sculptus	4	5	
		Neogonodactylus oerstedii	0	1	
		Pitho Iherminieri	0	4	
Facility and a second	Clase	Ophiuroidea	0	1	
Equinodermos	Especie	Echinometra viridis	0	1	
Peces	Familia	Apogonidae	0	5	
	Género	Gymnothorax sp.	0	1	
	Especie	Acanthurus bahianus	0	1	
	Especie	Stegastes leucostictus	0	1	
TOTAL	•		55	105	

Del total de organismos dentro de los residuos sólidos 55 estuvieron en la E1 y fueron crustáceos y los anfípodos fue el taxón predominante con una representación del 27%, y en la E2 del 12% (Figura 6.10 a y b). Otros grupos con alta representación en este sitio fueron los caracoles (Gastropoda) con 12% en E2 y 13% en E1, los cangrejos ermitaños (Paguroidea) con 9% en E2 y 7% en E1, los camarones pistola (Alpheidae) con 8% en

E2, pero una baja representatividad en E1 (Figura 6.12; Tabla 6.2). Por su parte, se presentaron algunos grupos con baja abundancia pero que fueron exclusivos de este sitio (es decir, no se registraron en Playa Blanca), como es el caso de los Cnidarios, donde se identificó una anémona marina (Orden Actinaria) en la E1 y dos especies de coral en la E2. Igualmente, en este sitio se registraron de manera exclusiva moluscos bivalvos y gasterópodos donde se incluye el reporte de una liebre de mar (*Aplysia* sp.), equinodermos como ofiuras y erizos, y finalmente morenas del género *Gymnothorax* y peces de las especies *Acanthurus bahianus* y *Stegastes leucostictus*. Todas estas últimas especies se registraron exclusivamente en la E2, a excepción de los moluscos gasterópodos que observaron en las dos estaciones (Tabla 6.2).

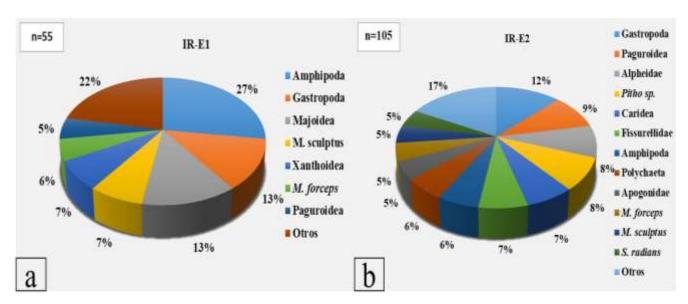


Figura 6.12. Porcentaje de las principales entidades taxonómicas registradas en las estaciones en Isla Rosario. a=Estación 1; b= Estación 2.

# 6.2.1.2 Entidades taxonómicas identificadas en Playa Blanca

En Playa Blanca se identificaron relativamente pocas entidades taxonómicas, con un total de 19, pero se registró un número elevado de ejemplares con 209 individuos extraídos de los residuos (Tabla 6.3). Del total de entidades identificadas, el 100% se registró en la E1, mientras que en la E2 se presentó una menor abundancia con únicamente un 57,9% de representatividad (11 entidades).

De los 209 organismos registrados en este sitio el 81,3% se extrajo de la E1 y el 18,7% de la E2. El grupo predominante fueron los cangrejos ermitaños (Superfamilia Paguroidea) con 81 ejemplares, donde llegó a representar el 41% en la E1 y el 31% en la E2 (Figura 6.10 a y b). Con un porcentaje significativamente menor, se encontraron: los cangrejos de la Superfamilia Xanthoidea representaron con 15% en la E2 y 6% en la E1, camarones de la Familia Alpheidae (7% en E1), otras especies del Infraorden Caridea que no se pudieron llevar a nivel de familia (8% en E2 y 6% en E1) y cangrejos de la Superfamilia Majoidea con alta representación de la especie *Mithraculus sculptus* (Figura 13 a y b; Tabla 6.3). Otros grupos por resaltar son los gusanos poliquetos que representaron el 8% en E1 y el 5% en E2, y algunas entidades que tuvieron baja representatividad pero que se presentaron de manera exclusiva en Playa Blanca, como es el caso de los equinodermos de la Clase Holothuroidea y dos especies de notable importancia económica en la región como son el pulpo *Octopus* sp. y la langosta espinosa *Panulirus argus* (Tabla 6.3).

Tabla 6.3. Organismos registrados en los residuos sólidos extraídos en Playa Blanca.

	Nivel Taxonómico alcanzado	Especie/Taxón	Estac	<b>Estaciones</b>	
Grupo			E1	E2	
Esponjas	Phylum	Porifera	7	0	
Anélidos	Clase	Polychaeta	14	2	
Moluosos	Clase	Polyplacophora	1	0	
Moluscos	Género	Octopus sp.	2	1	
	Orden	Amphipoda	5	5	
	Infraorden	Caridea	10	2	
	Superfamilia	Majoidea	8	3	
		Paguroidea	69	12	
		Xanthoidea	10	6	
	Familia	Alpheidae	12	1	
Crustáceos	Género	Macrocoeloma sp.	1	0	
		Pitho sp.	1	0	
		Portunus sp.	6	1	
	Especie	Mithraculus forceps	6	0	
		Mithraculus sculptus	7	3	
		Panulirus argus	1	0	
		Neogonodactylus oerstedii	2	0	
Equinodermos	Clase	Holothuroidea	1	0	
Peces	Familia	Apogonidae	7	3	
TOTAL			170	39	

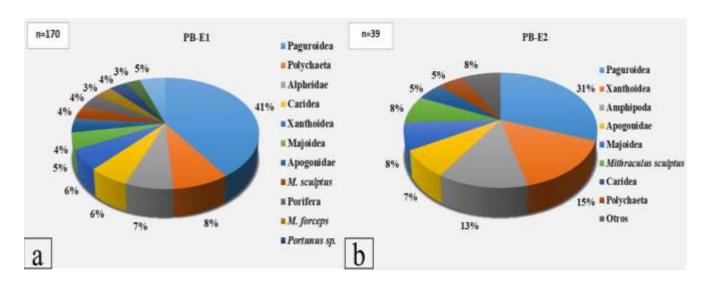


Figura 6.13. Porcentaje de las principales entidades taxonómicas registradas en las estaciones en Playa Blanca. a=Estación 1; b=Estación 2

# 6.2.2. Abundancia general de organismos

El mayor promedio de abundancia absoluta de organismos por estaciones se registró en Isla Rosario en la E2 (9,8  $\pm$  3,7 ind.) y en Playa Blanca en E1 (9,5  $\pm$  2,08 ind.), mientras que en Isla Rosario E1 se presentó menor cantidad de organismos asociados a los residuos extraídos en el sitio con 4,83  $\pm$  1,83 ind. (Figura 6.14). Por otro lado, Playa Blanca E2 a pesar de haber presentado menor acumulación de residuos si tuvo una cantidad considerable de organismos asociados a los residuos.

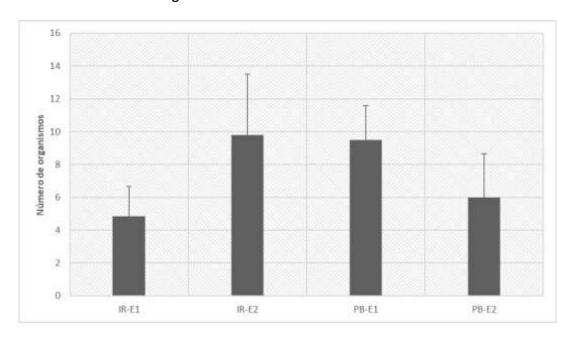


Figura 6.14. Abundancia absoluta promedio en cada estación (E), en Isla Rosario (IR) y en Playa Blanca (PB).

La abundancia de los organismos extraídos de los residuos fue bastante variable en el tiempo, pero es de resaltar que en la totalidad de los muestreos se registraron organismos

(Figura 6.15). La mayor cantidad de organismos se observó en Playa Blanca M5, cuyo valor fue más del doble que lo observado en cualquier otro muestreo. Por su parte, en Isla Rosario se extrajeron organismos en todos los muestreos con M1 (40 ind.) y M5 (35 ind) las que presentaron las mayores cantidades de organismos, y en M6 se obtuvieron los valores más bajos de asociación de organismos en los residuos con menos de 15 ind. Cabe resaltar que en todos los muestreos que cuentan con registros de organismos de manera simultánea en los dos sitios, Playa Blanca siempre tuvo un mayor valor de abundancia de organismos que Isla Rosario, salvo el M4 donde los valores en los dos sitios son muy similares (Figura 6.15).

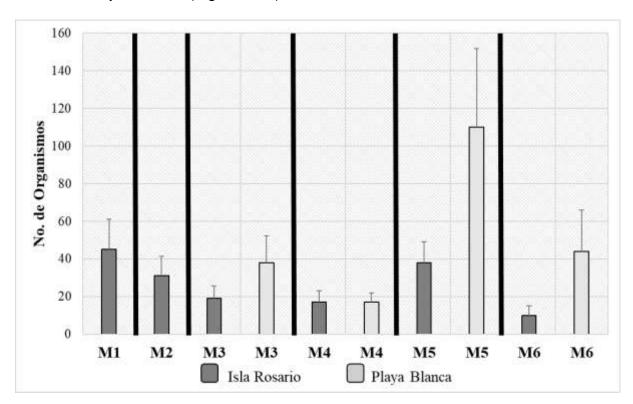


Figura 6.15. Abundancia absoluta promedio de los organismos extraídos de los residuos sólidos en los diferentes muestreos.

Por su parte, al estandarizar la medida de abundancia de organismos con relación a una unidad de peso (kg) de los residuos sólidos extraídos, se logró observar que Playa Blanca E2 (12,83 ± 20,85 ind.) e Isla Rosario E1 (11,99 ± 20,73 ind.) presentaron un mayor número de organismos asociados a los residuos (Figura 6.16), mientras que en la E2 en Isla Rosario fue el que menos cantidad de organismos presentó (5,46 ± 6,19 ind.). Es de mencionar que el comportamiento de esta variable fue contrario al evidenciado en la abundancia absoluta, donde los mayores valores se registraron en IR-E2 y PB-E1, lo cual se encuentra relacionado con los mayores volúmenes de residuos sólidos extraídos en estas dos estaciones.

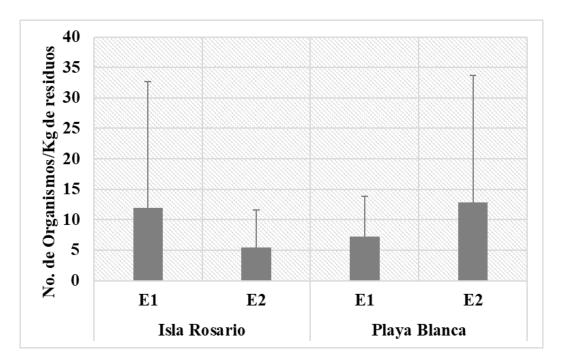


Figura 6.16. Abundancia relativa (org. /kg.) promedio en cada estación (E), en Isla Rosario y en Playa Blanca.

En el esquema temporal de esta variable también se logra apreciar que los mayores valores no coinciden con los picos de abundancia absoluta (Figura 6.16), sino que se registraron en el M5, tanto para Playa Blanca como para Isla Rosario, donde se apreciaron valores cercanos a los 60 organismos por kilogramo de residuos (Figura 6.17). Es de notar que en Isla Rosario se presentó una mayor dispersión de los datos, debido a que el valor en la E2 fue muy superior al de E1 y al de cualquier otro muestreo. Los menores valores en esta variable se registraron en el M1 y M2 en Isla Rosario, y en el M3 y M4 en Playa blanca, que fueron los muestreos donde mayor cantidad de residuos sólidos se extrajeron (Figura 6.17).

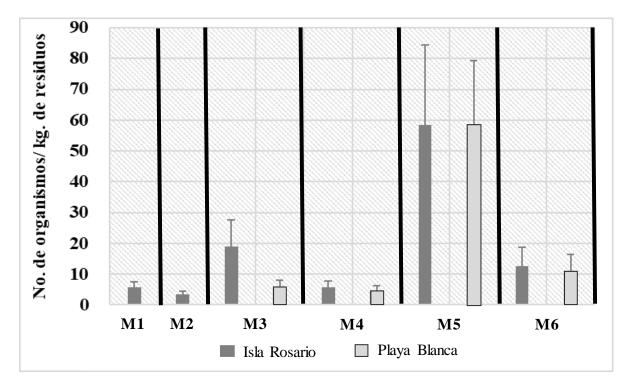


Figura 6.17. Abundancia relativa (org. /kg) promedio de los organismos extraídos de los residuos sólidos en los diferentes muestreos.

## 6.2.2.1 Isla Rosario

A través de la prueba de Mann-Whitney se corroboró, con un nivel de confianza del 95%, que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de abundancia absoluta de organismos asociados a residuos en la E1 y E2 (W = 28,0 y P-valor = 0,0221734), con valores evidentemente mayores en la E2 (Figura 6.18 y Anexo C).

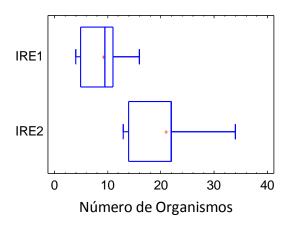


Figura 6.18. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia absoluta de organismos asociados a residuos sólidos en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario.

Temporalmente, se evidenció que en todas las jornadas de extracción de residuos realizados en Isla Rosario se obtuvieron organismos asociados, destacando el M1 en la E2, el cual obtuvo el mayor número de individuos (más de 30 ind) asociados a los residuos, en comparación a E1 en el mismo muestreo. En E1 el valor medio de organismos durante el mismo muestreo fue menor a la mitad que en E2. Vale la pena mencionar que no se tiene registros de E2 en el M6, debido a las razones previamente

mencionadas. Sin embargo, durante todos los muestreos realizados en Isla Rosario la E2 siempre obtuvo mayores abundancias de organismos asociados a los residuos (Figura 6.19). E2 se registró el 65,63% de los organismos obtenidos en este sitio durante el estudio.

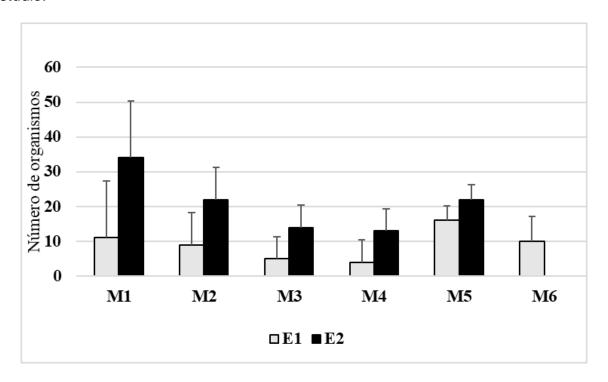


Figura 6.19. Variación temporal de la abundancia absoluta en cada muestreo y para cada estación en isla Rosario.

En términos de abundancia relativa, en la figura 6.23 se logra apreciar que los valores medios obtenidos en la E1 superan por más del doble a aquellos de la E2. Sin embargo, a un nivel de confianza del 95% no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre la E1 y E2 (Mann Whitney; W = 17,0 y P-Valor = 0,784187) (Figura 6.20; Anexo D).

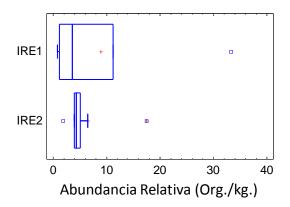


Figura 6.20. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia relativa (Org. /kg.) en las estaciones 1 y 2 de Isla Rosario.

Por su parte, los mayores valores de abundancia relativa evidenciados en los diferentes muestreos en Isla Rosario no coinciden con los picos de abundancia absoluta (Figura 6.21), sino que el valor más elevado se registró en E1-M5, momento en el que se superaron los 50 org. /kg de residuos. En general, la asociación de organismos con los residuos en Isla Rosario fue relativamente baja. Aunque se pudo observar que en la mayor parte de los muestreos hubo presencia de organismos entre los residuos.

Entre la abundancia absoluta de organismos y el peso de los residuos extraídos el coeficiente de correlación por rangos de Spearman no mostró una correlación significativa, a un nivel de confianza del 95%, para ninguna de las estaciones de muestreo en Isla Rosario, donde en la E1 los datos se presentaron de manera aleatorio, sin ningún tipo de relacionamiento (R = -0,085714; P-valor = 0,848), mientras que en E2 la relación

fue directa, relativamente alta, pero sin significancia estadística (R = 0,71818; P-valor = 0,1509). Esto es bastante lógico si se observa el hecho de que uno de los muestreos con mayor abundancia de organismos, como lo fue el M5, no coincide con un elevado valor de extracción de residuos sólidos en este sitio.

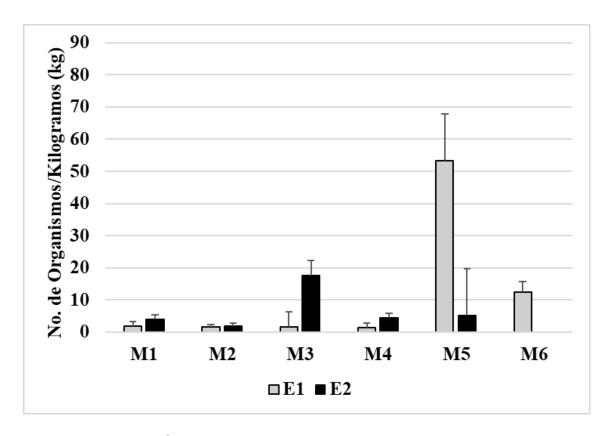


Figura 6.21. Variación temporal de la abundancia relativa en cada muestreo y para cada estación en isla Rosario.

## 6.2.2.2 Playa Blanca

En Playa Blanca, a pesar de registrarse un mayor valor en la abundancia absoluta de organismos en la E1, la prueba de Mann-Whitney evidenció que, a un nivel de confianza del 95%, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre la E1 y E2 (W = 2,5 y P-valor = 0,146489; Anexo E), lo cual se aprecia al comparar los valores en un diagrama de caja (figura 6.22).

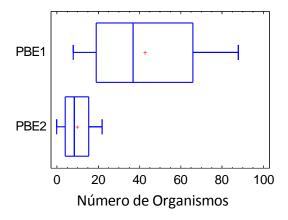


Figura 6.22. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia absoluta de organismos asociados a residuos sólidos en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca.

Por su parte, en todos los muestreos se obtuvieron organismos asociados a residuos, salvo en M1 y M2, debido a que no se pudieron realizar las jornadas de extracción, por lo que en E1-M5 se registró la mayor abundancia de organismos (más de 80 ind.), valor que superó a los demás muestreos por más del doble. Asimismo, en M5 también fue cuando más organismos asociados a residuos se registraron en la E2. Por otra parte, vale la pena recalcar que en la E2-M6 no se presentó ningún organismo en el muestreo.

Finalmente, en la E1 se registró más del doble de la abundancia absoluta de organismos que en la E2, en casi todos los muestreos, exceptuando el M4 donde los valores fueron bastante similares (Figura 6.23).

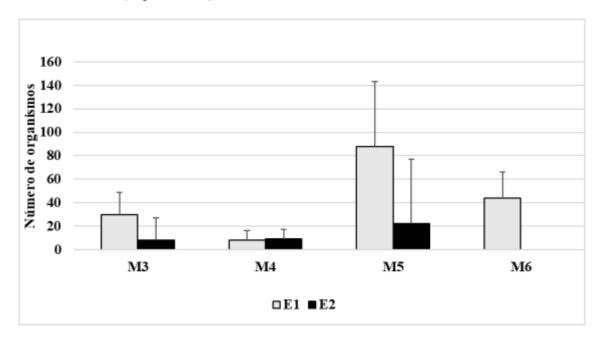


Figura 6.23. Variación temporal de la abundancia absoluta en cada muestreo y para cada estación en Playa Blanca.

Con relación a la abundancia relativa, tampoco se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre la E1 y la E2 de Playa Blanca (W = 8,0 y P-valor = 0,885229) al analizar esta variable con la prueba de Mann-Whitney a un nivel de confianza del 95% (Anexo F), aunque en la E2 esta variable presentó un mayor rango de variación (Figura 6.24).

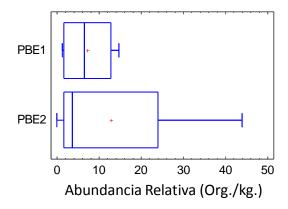


Figura 6.24. Diagrama de caja que representa las variaciones en la abundancia relativa (Org. /kg.) en las estaciones 1 y 2 de Playa Blanca.

Por su parte, en los muestreos se alcanza a notar que sucede una situación peculiar entre los organismos y los residuos en el M5 de ambas estaciones, donde los valores no concuerdan con la relación de residuos, siendo la E1-M5 el que mayor número de organismos presentó (Figura 6.25). Pero en cuanto a la relación de organismos por kilogramo de residuos, la E2-M5 presenta mayor abundancia relativa con valores cercanos a los 44 org. /kg. Cabe destacar que comparativamente la E2 tuvo mayores valores de abundancia relativa en todos los muestreos que la E1, excluyendo al M6 donde no hubo presencia de residuos en el muestreo, lo que muestra un comportamiento prácticamente contrario al evidenciado para la abundancia absoluta.

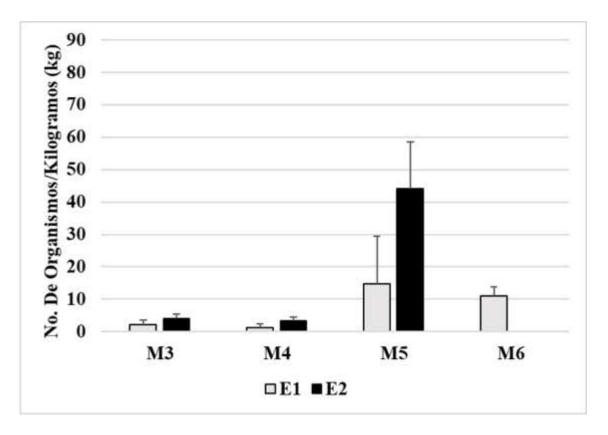


Figura 6.25. Variación temporal de los organismos extraídos en cada sitio y muestreo en Playa Blanca.

En Playa Blanca, los resultados del coeficiente de correlación por rangos de Spearman muestran que tampoco se presentó una correlación estadísticamente significativa entre la abundancia absoluta de organismos y el peso de los residuos sólidos extraídos, que adicionalmente reflejó una relación intermedia e inversamente proporcional, tanto para la E1 (R = -0,6; P-valor = 0,2987), como para la E2 (R = -0,5; P-valor = 0,4795).

## 7 ANALISIS DE RESULTADOS

## 7.1 Residuos sólidos

Al iniciar el estudio se consideraba la hipótesis de que se registraría una mayor cantidad de residuos sólidos en Playa Blanca, que comprende una zona de muy alto uso turístico, en lugar de Isla Rosario que es un área intangible donde está prohibido el ingreso de visitantes y el desarrollo de cualquier actividad de tipo recreativa. Sin embargo, los resultados mostraron lo contrario con mayor registro de residuos en Isla Rosario, lo cual tiene dos posibles justificaciones:

1). En Playa Blanca se realizaron las dos primeras jornadas de extracción de residuos, pero no fue posible cuantificar el peso de los residuos, ni se pudo realizar la búsqueda, identificación y cuantificación de organismos asociados, razón por la cual no se incluyeron estos datos en el trabajo. Se considera que estos dos primeros muestreos podrían haber incrementado considerablemente el valor de residuos en Playa Blanca, ya que la tendencia en estas actividades de recolección periódica de residuos es a la disminución gradual y progresiva del peso de residuos extraídos en el tiempo debido al efecto de la actividad (Miller *et al.*, 2018), como se evidencia en la figura 6.10, por lo que se esperaría que los valores máximos de residuos se registraran en los momentos iniciales del proyecto.

2). Corredor (2020), evidenció que en Isla Rosario los residuos sólidos son traídos por las corrientes y la acción del oleaje, debido al material del que están fabricados, y como en estas áreas intangibles no existe un servicio de recolección de residuos, éstos tienden a acumularse durante largos periodos de tiempo. En justificación a esto, es de tener en cuenta que el océano es muy dinámico en el área de estudio y, por lo tanto, puede presentar fuertes variaciones en la intensidad de vientos, oleaje y corrientes (CIOH, 2011); esto combinado con la capacidad de flotabilidad y durabilidad de algunos residuos como los plásticos y el polipropileno, entre otros, que facilitan el transporte de estos materiales que se depositan en Isla Rosario, donde se acumulan en ciertas áreas de la isla (Corredor, 2020), así como en ecosistemas marinos como arrecifes coralinos, manglares y praderas de pastos marinos.

## 7.1.1. Residuos sólidos en Isla Rosario

La zona intangible de Isla Rosario fue el sitio que presentó la mayor acumulación de residuos sólidos, donde se extrajo el 57% del total de los residuos encontrados. Sin embargo, Lavers y Bond (2017) afirman que las acumulaciones de los residuos de origen humano logran llegar a las costas de todo el mundo, sin discriminar si son lugares remotos o islas inhabitadas, por ende, los títulos de zonas protegidas, conservadas o intangibles no se aplica con los residuos sólidos porque siempre habrá acumulación de basuras en el mar, según afirman Miller *et al.* (2018).

La acumulación de los residuos sólidos en E1 y E2 presentó una reducción con el transcurso del tiempo, esto gracias a la participación de los voluntarios que realizaron las limpiezas en ciertas zonas de la isla. No obstante, teniendo en cuenta la cantidad exorbitante de visitas que recibe el PNNCRSB, y otros factores como las corrientes marinas, los vientos y el oleaje (CIOH, 2011), es posible que, en poco tiempo, se presente un incremento en la presencia de los residuos en las zonas en los lugares donde se realizaron las jornadas de limpieza y, por ende, una nueva acumulación de desechos submarinos. Esta situación muestra la importancia de mantener este tipo de actividades por tiempos prolongados.

En Isla Rosario, la mayor acumulación de residuos sólidos se evidenció en la categoría de los desechos no aprovechables, con un total de 54%, que estuvo conformado por bolsas plásticas, pañales desechados, botellas plásticas, icopor, entre otros residuos. Esto tiene una explicación en los sitios de donde proceden y los materiales de que están fabricados, ya que Corredor (2020) descubrió que algunos materiales como plásticos e icopor son transportados por corrientes y por acción del viento desde fuentes distantes, mientras que los vidrios y las latas provienen de fuentes principalmente locales, como visitantes en botes o yates que infringen las normas del área protegida, ingresando de manera esporádica en las áreas intangibles y arrojando este tipo de desechos (Pineda *et al.*, 2006).

# 7.1.2. Residuos sólidos en Playa Blanca

Playa Blanca en Isla Barú recibe cientos de miles de visitantes cada año (Pineda *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2011), lo cual trae consigo un aumento desproporcional en la generación de residuos sólidos en las playas de recreación y en ecosistemas locales como los pastos marinos y arrecifes de coral, haciendo que se acumulen grandes cantidades de desechos como vidrios, latas y residuos no aprovechables (Corredor, 2020). Esta alta acumulación de residuos se debe a la mala disposición por parte de turistas y habitantes de la zona, ya que Corredor (2020) encontró que la generación de los residuos sólidos en las zonas costeras de Isla Grande y Barú son atribuidos principalmente a las actividades recreativas y costeras. Asimismo, lo indicado por Zhou *et al.* (2011) corroboran que los desechos producidos en las zonas costeras no provienen principalmente de fuentes oceánicas, sino de fuentes terrestres, causadas por actividades humanas en las áreas.

En el presente estudio, los residuos que predominaron en este sitio, y en especial en la E1, fueron las latas con un total de 16,5 kg (46% del total), las cuales fueron reportadas por Corredor (2020) como uno de los principales residuos en la porción de playa emergida, por lo que seguramente también son llevadas por los turistas al agua o pueden ser arrastradas por el viento y acumularse en ambientes sumergidos como los pastos marinos.

En la E1 se registró mayor acumulación de residuos que en la E2, lo cual tiene una justificación en la cantidad de visitantes que llegan a cada porción de la playa, ya que según Mendoza *et al.* (2011), la porción sur de Playa Blanca, donde se encuentra la E1, fue la primera en ser ocupada por prestadores de servicios turísticos comunitarios y es donde se encuentra el mayor desarrollo de infraestructura turística actual, y, por tanto, es donde se reciben la mayoría de los turistas que llegan por vía terrestre a la zona. Adicionalmente, por comunicación personal de funcionarios del PNNCRSB se sabe que los turistas que visitan la porción de la playa en la E2 llegan principalmente en grandes embarcaciones, donde les hacen una charla de concientización frente al problema de residuos, por lo que seguramente son más cuidadosos con sus basuras, mientras que gran parte de los turistas en la E1 llegan por vía terrestre, cargados de neveras con bebidas y alimentos.

## 7.2 Composición de organismos asociados a los residuos sólidos.

La mayor cantidad de organismos que se encontraron en las jornadas de recolección y extracción fueron crustáceos, grupo donde se registraron 272 organismos correspondientes al 74% del porcentaje total; este predominio de los crustáceos se debe a los hábitos de vida que presentan la gran mayoría de estos organismos. En el estudio de Otero (2010) la mayor cantidad de organismos que se registraron también fueron los crustáceos, y se encontraron influenciados por la gran cantidad de nutrientes y nichos presentes en los pastos marinos. En el presente estudio, se evidenció que estos organismos se encontraban entre las oquedades pobladas por algas y sustratos blandos,

lo cual es debido a sus hábitos crípticos y oportunistas (William, 1965; Williams y McDermott, 2004), que les permiten vivir en irregularidades del fondo sobre sustratos naturales o artificiales (Czarnecka *et al.*, 2009), lo que brinda un gran soporte a la presencia de este grupo entre los residuos sólidos ubicados directamente en el fondo de las praderas *T. testudinum*.

## 7.2.1. Entidades taxonómicas registradas en el estudio

Los estudios de la macrofauna invertebrada en praderas de pastos marinos en el Caribe (Vargas, 2009; Otero, 2010; Goss *et al.*, 2018) generalmente han registrado un mayor número de especies, o entidades taxonómicas, que lo reportado en el presente trabajo, lo cual se justifica, ya que este estudio no se centró en la caracterización faunística del ecosistema, sino simplemente en los organismos que se encontraban asociados a los residuos sólidos extraídos. Por su parte, en Isla Rosario se obtuvo un mayor número de entidades taxonómicas asociadas a los residuos, a pesar de que en Playa Blanca la abundancia individual fue mayor, porque al comprender un área intangible, en isla Rosario se encuentran los ecosistemas marinos en un mejor estado de conservación (Pineda *et al.*, 2006).

En Isla Rosario, el grupo predominante fueron los anfípodos (Crustacea: Amphipoda), lo cual se encuentra acorde a los registrado por Otero (2009), que evidenció una composición del 65,8% por parte de este grupo de crustáceos en praderas de pastos marinos del Golfo de Morrosquillo (Sucre, Colombia). La alta diversidad de anfípodos en

ecosistemas de pastos marinos se atribuye, entre otros factores, a la complejidad y diversidad del hábitat (donde se podrían incluir los residuos sólidos), al número elevado de micro hábitats y a las adaptaciones biológicas de los anfípodos (Thomas, 1993; 1997). Esto se complementa con lo establecido por Czarnecka *et al.* (2009) quien sostiene que los crustáceos son un grupo predominante entre los residuos, principalmente en botellas de vidrio y plástico.

Al nivel de especie, los más representativos fueron el cangrejo esmeralda *Mithraculus* sculptus y el cangrejo araña *M. forceps*, lo cual se debe a su comportamiento críptico y la amplia distribución que presentan en el mar Caribe (Cobo, 2002; Díaz *et al.*, 2003; Aguilar y Gutiérrez, 2004; Aguirre, 2006; Otero, 2010). Aguilar y Gutiérrez (2004) en su investigación registraron que *M. sculptus y M. forceps* estuvieron entre las diez especies más representativas de su estudio en Bahía Neguangue (PNN Tayrona).

Por otra parte, ambas especies se caracterizan por ocultarse entre irregularidades del sustrato y se alimentan de algas y detritos (Cobo, 2002), por lo que los pastos marinos proporcionan todas las condiciones para que las especies habiten, así como también lo hacen los residuos sólidos colonizados de algas en el fondo marino. Czarnecka *et al.* (2009) indican que los macroinvertebrados prefieren las botellas que les brindan resguardo en su interior, y al ser éste uno de los principales residuos observados en isla Rosario se justifica la presencia de cangrejos araña y esmeralda, que se registraron abundantemente dentro de botellas de vidrio recolectadas entre los pastos marinos.

En Isla Rosario se presentó una mayor riqueza de especies asociadas a residuos sólidos que en Playa Blanca, aunque su abundancia haya sido menor, lo cual se reflejó en la presencia exclusiva de entidades taxonómicas como anémonas, corales, liebres de mar, morenas del género Gymnothorax y peces de las especies Acanthurus bahianus y Stegastes leucostictus. Esta situación también puede relacionarse con los tipos de residuos extraídos en este sitio, ya que la gran cantidad de botellas de vidrio registradas se encontraban colonizadas de corales, principalmente de la especie S. radians (figura 7.1), y ofrecían refugio para las especies de peces anteriormente mencionadas, las cuales fueron colectadas en su totalidad dentro de botellas de vidrio. Es importante mencionar que estas botellas también podían deber su alta colonización de organismos por el gran tiempo que llevaban en el medio natural, ya que la presencia de corales en su superficie indica un período de permanencia en el mar bastante prolongado, que se podría calcular en cerca de 2 años, si se tiene en cuenta el tamaño de las colonias registradas en el sitio y la información de crecimiento de esta especie brindada por Lewis (1989).



Figura 7.1. Corales de la especie *Siderastrea radians* incrustados en botellas de vidrio en isla Rosario.

Por su parte, en Playa Blanca el grupo más representativo fue el de los cangrejos ermitaños. Bastida-Izaguirre *et al.* (2013), evidenciaron en su estudio que este grupo de crustáceos presentaban un comportamiento particular, que consistía en utilizar conchas de algunas especies de gasterópodos como su habitáculo y para buscar protección debido a su abdomen blando. Asimismo, Ordosgoitia y Zarza (2011) registraron que los turistas se llevan anualmente grandes cantidades de pequeñas conchas de caracol como curiosidades marinas, por lo que se podría pensar que en un sitio como Playa Blanca, donde llegan miles de turistas al año, no hay suficiente disponibilidad de conchas, por lo que los ermitaños pueden ser más dependientes de los desechos que llegan al lecho

marino, ya que en éstos encuentran un refugio alternativo para protegerse de los depredadores.

Muchas de las especies registradas en Playa Blanca coincidieron con aquellas observadas en Isla Rosario, y en su totalidad fueron especies propias de praderas de pastos marinos, si se comparan con inventarios faunísticos en estos ecosistemas como el realizado por Otero (2010). No obstante, en Playa Blanca fue el único sitio donde se registraron entre los residuos especies de gran importancia comercial como pulpos y langostas, lo cual no refleja que esta localidad se encuentre una mayor abundancia de dichas especies, sino que probablemente debido a los mayores impactos humanos estas especies no encuentran suficientes refugios naturales en las praderas de pastos marinos de Playa Blanca, por lo que se ven en la necesidad de refugiarse entre los residuos.

En este sentido, los pulpos son organismos flexibles, los cuales tienen un cuerpo blando que les permite desplazarse entre lugares angostos y encontrar su alimento. Adicionalmente son animales inteligentes, que para ocultarse de sus depredadores utilizan cualquier sustrato a su disposición, como botellas, conchas y cualquier objeto en el que puedan ingresar (Hernández *et al.*, 2001), o también podrían utilizar estos residuos como un punto de alimentación (Orrego, 1995). Por otro lado, Martínez-Daranas *et al.* (2018) también registraron la presencia de juveniles de *Panulirus argus* en praderas de *T. testudinum*, por lo que se puede suponer su presencia recurrente en estos ecosistemas naturales, lo cual, combinado con los hábitats artificiales que brindan los residuos sólidos sumergidos en una zona impactada como Playa Blanca, justifica el registro de estos

organismos en esta localidad, mientras que en Isla Rosario, donde también se ha registrado esta especie en pastos marinos (Pineda *et al.*, 2006), los juveniles de langosta deben encontrar una mayor disponibilidad de refugios naturales debido a su mejor estado de conservación.

# 7.2.2. Abundancia general de organismos

En el presente estudio se registró la presencia de gran cantidad de organismos asociados a residuos sólidos sumergidos, ya que según Czarnecka *et al.* (2009) "los residuos desechados por actividades antropogénicas pueden constituir hábitats alternativos para los organismos", pero al iniciar el estudio se esperaba que la cantidad de organismos presentes dentro de los residuos estuvieran determinados por la cantidad de residuos registrados, más no se evidenció una correlación significativa entre estas dos variables. Aún así, no existe una correspondencia entre los principales momentos de arribo turístico y, por ende, de disponibilidad de residuos sólidos sumergidos, con las épocas de reclutamiento y colonización por parte de las principales especies registradas, ya que se ha documentado que muchas especies asociadas a pastos marinos presentan una programación temporal muy definida que puede afectar su disponibilidad en el tiempo en un sitio dado (Otero, 2009). Esta misma situación justifica por qué no se presentó una coincidencia entre los momentos de mayor abundancia absoluta y la abundancia relativa en los diferentes sitios.

Si bien en Isla Rosario se registró una mayor riqueza de especies, o número de entidades

taxonómicas identificadas, en Playa Blanca se obtuvo una mayor abundancia general; se piensa que esto pudo haberse relacionado con una menor disponibilidad de hábitats naturales en las praderas de pastos marinos de Playa Blanca, que obligaban a un mayor número de organismos a buscar refugio en los residuos, pero esto no se puede demostrar ya que en este estudio no se pudieron registrar las condiciones ambientales de las praderas ni la presencia de refugios naturales para la fauna. No obstante, los funcionarios del PNNCRSB afirman en el plan de manejo del área protegida, que en las áreas intangibles los ecosistemas se encuentran en un mejor estado de conservación debido a las acciones de manejo (Pineda *et al.*, 2006), lo que entra a reforzar la idea de que en Isla Rosario se podrían encontrar mejores condiciones naturales para el establecimiento de la fauna nativa que en Playa Blanca.

Por su parte, es difícil definir por qué se presentó una mayor abundancia en la E2 de Isla Rosario con referencia a la E1, o en la E1 de Playa Blanca en comparación con la E2, ya que no se pudieron registrar las condiciones ecológicas de cada estación y con los únicos datos con que se cuenta es con la cantidad de residuos, pero los análisis arrojaron que no hay una correlación entre la abundancia y la cantidad de residuos en ningún caso. Es probable que esto tenga relación con la estructura de los pastos marinos de cada sitio, los impactos humanos en cada uno (diferentes a la contaminación con residuos sólidos) y a las condiciones hidrodinámicas locales que pueden determinar la llegada a cada sitio de organismos planctónicos que buscan asentarse en los pastos (Aguirre, 2006; Goss, *et* 

al., 2018). Sin embargo, esto no se registró en el presente estudio, por lo que podría ser un tema potencial para futuros estudios.

# 7.3 Implicaciones de la extracción de organismos asociados a residuos sólidos en las praderas de pastos marinos.

En las jornadas de recolección de residuos se extrajeron un total de 369 organismos presentes en 84.6 kg de residuos sólidos, por lo que se puede estimar un total general de 4,4 organismos/ kg de residuo. Por otra parte, la prensa de la Armada de Colombia (2021) notificó que en San Andrés Isla en el año 2021 se llevó a cabo una jornada de limpieza submarina, a partir de la cual se extrajo un total de 2.000 kg de residuos sólidos, mientras que, en la ciénaga de Cholón y Agua Azul, en el Distrito de Cartagena de Indias. se han reportado jornadas en que se ha retirado del mar cerca de 330 kg de residuos sólidos (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2018). En el ámbito internacional, en Bonaire se han llegado a extraer hasta 3.408 kg de residuos sólidos en una jornada de recolección (Debrot et al., 2013), mientras que el periódico el Diario reporta que la flota del buque "The Ocean Clean Up" realiza limpiezas marinas en todo el mundo en las que extrae miles de toneladas de desechos plásticos del mar (Fuente, 2019), pero, al igual que en las otras jornadas, no tienen en cuenta los organismos que se encuentran asociados a dichos residuos. Es decir, si en el presente estudio se registraron 4,4 org./kg, se podría estimar que en los 2.000 kg de residuos extraídos en San Andrés se podría haber encontrado un aproximado de 8.800 organismos; si se tiene en cuenta que en estas jornadas de limpieza no se rescatan los organismos asociados, una actividad de conservación y realizada con la finalidad de disminuir presiones sobre los ecosistemas marinos, como lo puede ser una jornada de limpieza submarina, podría causar un impacto ecológico no considerado por las autoridades ambientales ni por los entusiastas que promueven y adelantan estas iniciativas.

Por su parte, la extracción de especies clave en los ecosistemas marinos puede generar impactos ecológicos considerables (Czarnecka *et al.*, 2009). La reducción del número de crustáceos en los mares puede ocasionar daños ecosistémicos debido a la importante función ecológica que cumplen muchos de los integrantes de este grupo zoológico, como en el caso de los pastoreadores que se alimentan y regulan el crecimiento algar (William, 1965; Bastida-Izaguirre *et al.*, 2013); asimismo, según Williams y McDermott (2004), los crustáceos participan en el proceso de recirculación de nutrientes en los fondos marinos y en la creación de sustratos consolidados con conchas de algunos moluscos como las ostras, mientras que muchos crustáceos de pequeño tamaño cumplen un papel importante en la trama trófica, ya que transforman la gran biomasa disponible en el fitoplancton, en alimento disponible para niveles tróficos superiores (Campos-Martínez *et al.*, 2011).

La extracción de peces dentro de los residuos sólidos en las jornadas de limpieza es inusual, sin embargo, se pueden presentar ciertos casos de mortandad de estos organismos que utilizan los desechos como habitáculos o sitios de alimentación (Medina,

2004). En este sentido, especies de peces como *Acanthurus bahianus*, que se capturó dentro de una botella de vidrio, ayudan a mantener los arrecifes de coral sanos, pero también utilizan los pastos marinos para alimentarse, donde cumplen una importante función de pastoreo de las algas que compiten por recursos y espacio con las fanerógamas (Restrepo, 2008).

Asimismo, especies de importancia comercial como los pulpos *Octopus* sp. y juveniles de langosta espinosa - *Panulirus argus*, se pueden ver afectados por la remoción de los residuos sólidos en praderas de pastos marinos, ya que este ecosistema constituye un hábitat preferencial de juveniles de estas especies (Botero, 2017; Martínez-Darianas, 2018). Adicionalmente, los pulpos y las langostas, presentan una gran demanda en el mercado actual, y anualmente se consume en todo el mundo un aproximado de 162 mil toneladas de langosta espinosa, cifra que sigue en aumento (Sosa, 2010), y cerca de 406 mil toneladas de pulpos (EUMOFA, 2019), lo que muestra la gran importancia comercial de estas dos especies que, de acuerdo a los resultados de esta investigación, podrían estar siendo afectadas, en alguna medida, por la extracción de desechos a través de jornadas de limpieza sin tener la precaución de rescatar la fauna asociada.

Las jornadas de recolección de residuos están pensadas para mitigar el impacto que ocasionan los desechos sólidos en los ecosistemas (Álvarez, 2016; Corredor, 2020). Sin embargo, en las jornadas de recolección que se han llevado a cabo en los distintos lugares a nivel local, departamental y mundial no se han registrado salvamentos de

organismos asociados a los residuos (Debroit *et al.*, 2013; Parques Nacionales Naturales, 2018; Armada Nacional, 2021), lo cual podría estar ocasionando daños ecosistémicos mayores que los propios residuos que se remueven del medio marino (Aparicio, 2014), por lo que se considera que a pesar de que los desechos marinos son una problemática, también lo es el no realizar un salvamento de los organismos asociados a los residuos.

## 8 CONCLUSIONES

- Los mayores valores de residuos sólidos en el área intangible de Isla Rosario, en comparación con el área de uso turístico en Playa Blanca, no señalan una mayor disposición de basuras en esta zona, sino que se justifican por la imposibilidad de registrar residuos y organismos en los primeros muestreos de Playa Blanca, donde se esperaría una mayor presencia de basuras. Cabe mencionar que Playa Blanca presenta con mayor frecuencia actividades de recolección de residuos sólidos en ecosistemas marinos, adelantadas por los pobladores y entidades ambientales como el PNNCRSB, debido a lo cual los residuos se acumulan por un lapso de tiempo menor que en áreas como isla Rosario donde estas actividades son más esporádicas.
- En sitios lejanos y de ingreso restringido a los visitantes, como es el caso de Isla Rosario, el tipo de residuo sólido predominante es el no aprovechable, en especial el icopor y otros plásticos que se caracterizan por su flotabilidad, por lo que pueden ser transportados por las corrientes y el viento por largas distancias y acumularse en sitios alejados de la fuente de contaminación o del sitio de disposición inicial. Por su parte, en zonas de alto uso turístico, como Playa Blanca, los desechos que predominan se relacionan con la venta y consumo en la playa de bebidas envasadas en latas y botellas, lo que demuestra el impacto de los visitantes en los ecosistemas

de pastos marinos.

- Los crustáceos comprenden el grupo zoológico predominante en los residuos sólidos extraídos de las praderas de pastos marinos, tanto de Isla Rosario como de Playa Blanca, aunque en la primera localidad predominó el grupo de los anfípodos, y en la segunda, los cangrejos ermitaños.
- La abundancia general de organismos en residuos sólidos fue mayor en Playa Blanca, pero la riqueza de especies (o entidades taxonómicas) fue superior en isla Rosario, donde se considera que el mejor estado de conservación de los ecosistemas, en este caso de las praderas de pastos marinos, está incidiendo en la disponibilidad de especies para colonizar los nuevos sustratos generados por la acumulación de residuos sólidos.
- La presencia de algunas especies de coral en residuos sólidos de Isla Rosario demuestra que en las primeras jornadas de recolección de residuos se extrajeron basuras, en especial botellas de vidrio, que llevaban más de dos años de estar asentadas en el sustrato, ya que un coral de la especie *S. radians*, como los que se registraron en el estudio, tardaría cerca de ese tiempo para adquirir los tamaños alcanzados en dichos sustratos artificiales.
- En el presente estudio se registró un estimativo medio de 4,4 org. /kg. de residuos,

el cual comprende la primera aproximación al impacto sobre la fauna asociada a los residuos sólidos que se ha generado en la región, y se puede establecer como un valor de referencia local para el cálculo general del número aproximado de organismos que se vieron afectados en actividades de recolección de basura submarina sin tener en cuenta el salvamento de la fauna asociada.

 Se desconoce en qué medida la acumulación de residuos sólidos pueden estar afectando a los ecosistemas marinos en Isla Rosario y Playa Blanca. Sin embargo, el presente estudio demostró que un importante número de organismos se encuentran asociados a dichos residuos, por lo que su extracción puede representar un impacto ambiental elevado, que sugiere la necesidad de tomar medidas para la liberación o rescate de la fauna asociada.

## 9 RECOMENDACIONES

- Durante la organización de las jornadas de limpiezas submarinas por parte de las entidades, tanto privadas como públicas, o por las comunidades, se recomienda incluir un plan de salvamento de organismos, ya que, según el presente estudio, dentro de los residuos se puede encontrar una gran cantidad y riqueza taxonómica de organismos asociados, cuya remoción puede generar impactos en los ecosistemas.
- Es importante que las autoridades ambientales, como el PNNCRSB, continúen monitoreando la fauna asociada a los residuos sólidos en las jornadas de extracción, a fin de poder realizar un acercamiento más aproximado al impacto biológico y ecológico que generan estos residuos, y su extracción precipitada, sobre los ecosistemas.
- Se deben adelantar otras investigaciones, tendientes a evaluar la magnitud de los impactos ecológicos de la presencia de residuos sólidos en las praderas de pastos marinos, y que se contrasten los resultados con el impacto que podría ocasionar el sacrificio de los organismos asociados, a fin de definir la pertinencia del desarrollo de actividades de salvamento de dicha fauna.

Se recomienda trabajar en la formulación de un protocolo para el salvamento de la fauna asociada a residuos sólidos sumergidos en ecosistemas marinos, y que se realice la respectiva socialización y divulgación, para que las entidades y/o personas naturales que coordinan este tipo de iniciativas conozcan la importancia del desarrollo de estas actividades de salvamento y las visualicen como una necesidad.

## 10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar Pérez, M. I., & Gutiérrez Salcedo, J. M. (2004). Estructura y composición de la macrofauna invertebrada asociada a los nidos del pez *Malacanthus plumieri* (Bloch, 1786) en Bahía Neguangue, Parque Nacional Natural Tayrona, Mar Caribe Colombiano, Caldasia 29(2), 309-328.
- 2. Aguirre, A. (2006). Comparación estacional de la comunidad de macroinvertebrados epibentónicos asociados a praderas de *Thalassia testudinum* en La Guajira, Caribe Colombiano (Trabajo de grado para optar al título de Bióloga). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C Recuperado de: http://hdl.handle.net/10554/8812.
- 3. Álvarez Sierra, A. (2016). Educación ambiental en gestión integral de residuos sólidos en Interaseo S.A E.S.P. (Informe de práctica para optar al título de ingeniera ambiental). Corporación Universitaria Lasallista. Caldas. Recuperado de:

http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/305/1/EDUCACION\_A

MBIENTAL\_EN\_GESTION\_INTEGRAL\_DE\_RESIDUOS\_SOLIDOS\_EN\_INTER

ASEO\_S.A\_E.S.P.pdf

4. Aparicio, F. J.M. (2014). Revisión sobre las basuras marinas. Sus efectos sobre el medio ambiente, la biodiversidad y la economía. Congreso Nacional del Medio Ambiente, 16.

- Araujo, M. & Costa, M. (2007). Visual diagnosis of solid waste contamination of a tourist beach: Pernambuco, Brasil. Waste Management 27: 833–839. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X06001474
- 6. Ávila, Enrique, Yáñez, Benjamín & Vázquez-Maldonado, Laura. (2014). Distribución espacial de los ensamblajes de macro invertebrados asociados a praderas de pastos marinos en la Laguna de Términos, Campeche. XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Cozumel, Quintana Roo, México, Vol.:
- **7.** Barradas Rebolledo, A. (2009). Gestión integral de residuos sólidos municipales: estado del arte. Gytsu, Miantilán, Veracruz, México.
- 8. Bastida-Izaguirre, D., Ayón-Parente, M., Salgado-Barragán, J., Galván-Villa, C. M., & Ríos-Jara, E. (2013). Nuevos registros de cangrejos ermitaños (Crustacea: Decapoda: Paguroidea) del Santuario Islas de Bahía Chamela, Jalisco, México: con comentarios sobre el uso de conchas vacías como hábitat. Revista mexicana de biodiversidad, 84(3), 782-791.
- 9. Benavides Serrato, M., Borrero Peréz, G., & Díaz Sánchez, C. M. (2011).
  Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuoridea.
  Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR.
- 10. Borrero Peréz, G., Benavides Serrato, M., & Díaz Sánchez, C. M. (2012). Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR.

- 11. Boschi, E. E. (1963). Los camarones comerciales de la familia Penaeidae de la costa atlántica de América del Sur. Clave para el reconocimiento de las especies y datos bioecológicos. Boletín del Instituto de Biología Marina, 3, 40. Recuperado de <a href="http://hdl.handle.net/1834/35470">http://hdl.handle.net/1834/35470</a>
- 12. Botero, (2017). Guía ilustrada básica para la identificación de los invertebrados marinos de isla Fuerte, Bolívar. Trabajo de grado para optar por el título de BIÓLOGA. Pontificia Universidad Javeriana.
- 13. Cabrera González, C. A. (2014). Propuesta para una gestión sustentable de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec, Estado de México.
- 14. Campos-Martínez, B., N. Hernando-Campos y A. Bermúdez-Tobón. (2011).
  Distribución de cangrejos ermitaños (Anomura: Paguroidea) en el mar Caribe colombiano. Revista de Biología Tropical 60:233-252.
- 15. Cendales, M. H., Zea, S., & Díaz, J. M. (2002). Geomorfología y unidades ecológicas del complejo de arrecifes de las Islas del Rosario e Isla Barú (Mar Caribe, Colombia). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 26(101), 497-511.
- 16. Cervigón, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A. J., & Rodríguez, B. (1992). Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca-CCE; NORAD; FAO.
- **17.** CIOH. (2011). Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano: Cartagena de Indias, D.T. y C., 11.

- 18. Cobo, V. J. (2002). Breeding period of the spider crab Mithraculus forceps (A. Milne Edwards) (Crustacea, Majidae, Mithracinae) in the southeastern Brazilian coast. Revista brasileira de Zoología, 19, 229-234.
- 19. Corredor, N. D. (2020). Acumulación de residuos sólidos en zonas de recreación y zonas intangibles del Archipiélago de las Islas del Rosario (Parque Nacional Natural los Corales del Rosario y de San Bernardo) Cartagena, Colombia. Recuperado de: <a href="http://hdl.handle.net/10554/51104">http://hdl.handle.net/10554/51104</a>.
- **20.** Czarnecka, M., Poznańska, M., Kobak, J. (2009). The role of solid waste materials as habitats for macroinvertebrates in a lowland dam reservoir. Hydrobiologia 635, 125–135. DOI: doi.org/10.1007/s10750-009-9905-7.
- **21.** Davidson, G. (1998). Naturaleza y arrecifes de coral, New York. 64-72p.
- **22.** Debrot, A.O., Van Rijn, J., Bron, P. S. & de Leon, R. (2013). A baseline assessment of beach debris and tar contamination in Bonaire, South eastern Caribbean. Marine Pollution Bulletin, 71, 325–329.
- **23.** Den Hartog, C. (1977). Estructure function and classification in seagrasses communities in: McROY P. and C. HELFRERICH. Inc. New York y Basel: 89-121p.
- 24. Díaz, J. M., Barrios, L. M. & Gómez-López, D. I. (2003). Las praderas de pastos marinos en Colombia estructura y distribución de un ecosistema estratégico (Vol. 10). INVEMAR, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andréis.

- 25. Dimarco, S. (2007). ¿Podremos mirar más allá de la basura? Raneros, cirujas y cartoneros: historias detrás de la basura. Papeles del CEIC. International Journal on Collective Identity Research, (2).
- **26.** EEA (European Environment Agency). (2014). Well-being and the environment. Building a resource-efficient and circular economy in Europe. Publications Office of the European Union. pp52.
- 27. Elías, R. (2015). Plastic Sea: a review of plastic at sea. Marine and Fishery Sciences (MAFIS), 27, 83–105.

Recuperado de: <a href="https://ojs.inidep.edu.ar/index.php/mafis/article/view/59">https://ojs.inidep.edu.ar/index.php/mafis/article/view/59</a>

- **28.** EUMOFA. (2019). Análisis de mercado Caso práctico: El mercado del pulpo en la UE. Seafood Expo Global, Bruselas, 16.
- **29.** European Environment Agency EEA. (2014). Well-being and the environment. Building a resource-efficient and circular economy in Europe. Publications Office of the European Union. 52p.
- **30.** Fuente, L. (2019). 'The Ocean Cleanup': una esperanza contra los residuos plásticos en el mar. El Diario.
- 31. Fundación Bahía y ecosistemas de Colombia (Eds.). (2019). Lucha contra la contaminación plástica en la bahía de Cartagena. Recuperado de <a href="http://fundacionbahia.org/es/lucha-contra-la-contaminacion-plastica-en-la-bahia-de-cartagena/">http://fundacionbahia.org/es/lucha-contra-la-contaminacion-plastica-en-la-bahia-de-cartagena/</a>
- **32.**Gálvez Steccanella, J. I. (2004). Manual de educación ambiental, los desechos sólidos urbanos. Ecuador: Cámara Ecuatoriana del Libro Núcleo de Pichincha.

- 33. Gambini, R., Palma, Y., Ricra, O., Vivas, G., & Vélez-Azañero, A. (2019).
  Cuantificación y caracterización de residuos sólidos en la playa san Pedro de Lurín, Lima, Perú. The Biologist, 17(1).
  Doi:<a href="http://dx.doi.org/10.24039/rtb2019171305">http://dx.doi.org/10.24039/rtb2019171305</a>
- **34.** Garcia Apac, J. S. (2019). Gestión ambiental y tratamiento de residuos sólidos orgánicos en el mercado modelo de la ciudad de Huánuco-periodo 2017.
- **35.** Garrido G. (2014). Efecto de la humedad en la biodegradación de residuos sólidos urbanos, mediante tratamiento mecánico biológico. Proyecto de título presentado para obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad del bío bío
- 36. Gómez Serreto, J. G. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico-botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte. Trabajo de grado para optar el título como Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales. Universidad Santo Tomás.
- 37. Gómez, D., Albis-Salas, M.R. & Duque, G. (2010). Estructura de las praderas de Thalassia testudinum en un gradiente de profundidad en la Guajira, Caribe colombiano. Bulletin of Marine and Coastal Research. 39.
- **38.** Gómez, J. G. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico-botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte. Universidad Santo Tomas, Cundinamarca.
- 39. Gonzáles, L. (2013). Plan de Manejo de residuos sólidos. Obtenido de http://www.reservamonteverde. com/pdfs/plan\_de\_manejo\_de\_desechos\_ solidos\_revisado. pdf.
- **40.** González-Romero, A. (2000). Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación. 40p

- **41.** Goss, H., Jaskiel, J., & Rotjan, R. (2018). Thalassia testudinum as a potential vector for incorporating microplastics into benthic marine food webs. Marine pollution bulletin, 135, 1085-1089.
- **42.** Guerra, j. Krapp, t. y Muller, h. (2006). Caprellids from the Caribbean Coast of Colombia with descriptions of three new species and key for identification. INVEMAR. Vol. 35 No 1.
- **43.** Hernández-López, J. L., Castro-Hernández, J. J., & Hernández-García, V. (2001). Age determined from the daily deposition of concentric rings on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks. Fish. Bull. 99:679–684
- **44.** INVEMAR (Eds.) (2010). Corales Escleractineos de Colombia. Invemar Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta, 246 p.
- **45.** INVEMAR. (2002). El estado de las praderas de pastos marinos y costeros en Colombia. Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos. 42-51p.
- **46.** INVEMAR. (2005). Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Santa Marta. 360 p.
- 47. Kricher, S. (1997). A Neotropical companion, University Press, Princeton, 78 82p.
- **48.** Kuo, S. Y Hartog, C. (2001). Seagrass taxonomy and identification key. Cap 2 (p.p.31-58) en F. T. SHORT Y R. G. COLES (Eds): Global Seagrass Research Methods. 33, 31-58 Amsterdam.
- **49.** Ladrera, R. F., Sant, M. R. i., & Fornells, N. P. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. *Ikastorratza*, *11*, 4–19.

- 50. Lavers. L.& A.L. Bond. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114, 6052–6055.
- 51. Lewis, J. (1989). Spherical growth in the Caribbean coral Siderastrea radians (Pallas) and its survival in disturbed habitats. Coral Reefs 7, 161–167 https://doi.org/10.1007/BF00301594
- **52.** Martínez-Daranas, B., Mallo, C., Clero-Alonso, L. & Perdomo, M. (2007). El ecosistema Sabana-Camagüey, Cuba: Estado actual, avances y desafíos en la protección y usos sostenibles de la biodiversidad. .51-56
- **53.** Medina, M., Araya, M., & Vega, C. (2004). Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. Investigaciones marinas, 32(1), 33-47.
- 54. Mendoza, J., L. A. Castro, P. Herrón, C. Montaño y F. Castro. 2011. Capítulo 23: Características de la actividad turística. pp 305-318. En: Zarza-González, E. (Ed.). El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. Parques Nacionales Naturales de Colombia Banco Mundial Global Environment Facility (GEF) Patrimonio Natural. Cartagena de Indias, Colombia. 416 p.
- 55. Mesa Valdés, M. A. (2020). Barú, paraíso del despojo: incidencias de blanqueamientos y el ennegrecimiento de la vida. (tesis de grado). Bogotá, Colombia.

- 56. Miller, M., Steele, C., Horn, D., & Hanna, C. (2018). Marine Debris Trends: 30 Years of Changeon Ventura County and Channel Island Beaches. Western North American Naturalist,78(3), 328–340.
- 57. Miranda, F. (2014). Revisión sobre las basuras marinas: Sus efectos sobre el medio ambiente, la biodiversidad y la economía. Congreso Nacional del medio ambiente CONAMA, Chile. 16p
- 58. Mite Defaz, G. B., & Gonzabay Muñoz, P. E. (2009). Elaboración del catálogo de invertebrados marinos bentónicos macroscópicos equinodermos, moluscos y crustáceos de la zona intermareal rocosa norte del balneario Ballenita desde el mes de junio a diciembre (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2009.).
- 59. Morris, L. y Tomasko, A. (1993). Proceedings and conclusions of workshops of submerged aquatic vegetation and photosinthetically active radiation. SEspecial Publication SJ93-SP13 St. Johnes River Water Management District, Palatka, Florida
- 60. Ordosgoitia, Y. y E. Zarza. (2011). Características de la comercialización de material biológico marino para la elaboración de artesanías y venta de recordatorios. pp 290-304. <a href="En: Zarza-González">En: Zarza-González</a>, E. (Ed.). El entorno ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. Parques Nacionales Naturales de Colombia Banco Mundial Global Environment Facility (GEF) Patrimonio Natural. Cartagena de Indias, Colombia. 416 p.

- 61. Orrego, T. C. (1995). Biología y ecología del pulpo común *Octopus mimus* Gould, 1852 (Mollusca: Cephalopoda) en aguas litorales del norte de Chile (Doctoral dissertation, Universidade de Vigo).
- 62. Otero, A. (2010). Macroinvertebrados asociados a pastos marinos (*Thalassia testudinum*) en el Golfo de Morrosquillo (Zona de Berrugas) Departamento de Sucre. Universidad de sucre, Sincelejo, Sucre
- 63. Palacios, F; García, E; & Ruiz, F. 2002. Gestión ambiental y manejo integrado de residuos sólidos en Tarará. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, México.
- **64.** Penagos García, F. E. (2013). Guía ilustrada moluscos marinos gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México.
- 65. Pineda, I., Martínez, L., Bedoya, D., Caparroso, P., & Rojas J., (2006). Plan de manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (PNNCRSB), UAESPNN.
- **66.** PNUMA, (2011). Basura en los océanos, un reto internacional. Retorna para un futuro.
- **67.** Restrepo, J. O., Nivia, M. C. R., & Ramírez, A. R. (2008). Ensamblajes de peces arrecifales del área de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37(1).
- 68. Rodríguez-Ramírez, A., Navas Camacho, R., & Reyes Nivia, M. C. (2005). Estado de las praderas de pastos marinos en Colombia, informe del estado de los ambientes marinos y Costeros en Colombia. Santa Marta: Lito flash.

- 69. Rojo-Nieto, E. y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Ecologistas en Acción. 53p
- 70. Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 40(155):254-274.
- **71.** Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Omnia, 20(3), 121-135.
- **72.** Sosa Cordero, E., & González, R. (2010). Evaluación del recurso langosta *Panulirus argus* en la plataforma de Honduras y Nicaragua, a partir de datos del programa de observadores colectados en dos temporadas 2007-2008; 2009-2010.
- 73. Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos: volumen 1.
- **74.** Thayer, G. (1975). Size frequency and population structure of brachiopods palaeogra. Palaeoclimatol. 17:139-148p.
- 75. Thomas, J. D. (1993). identification manual for marine Amphipoda (Gammaridea):I. Common coral ref. and rocks, bottom amphipods of South Florida. Final Report DEP, contract number SP290. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- **76.** Thomas, J. D. (1997). Systematics, ecology and phylogeny of the Anamixidae (Crustacea: Amphipoda). Records of the Australian Museum 49:35–98.
- 77. Vargas, A., Palacio, J. & Ospina, J. (2009). Estructura de las praderas de *Thalassia testudinum* (bank ex konig, 1805) en Bahía de Sapzurro, Golfo de Urabá, Colombia. Gestión y Ambiente, 12(3),107-117.

- **78.** William, A. (1965). Marine decapod crustaceans of the Carolinas. An. Fish. Bull. 65(1):1-298p.
- **79.** Williams, J. D. y J. J. McDermott. (2004). Hermit crab biocoenoses: a worldwide review of the diversity and natural history of hermit crab associates. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 305:1-128.
- **80.** Wood, E. Morris, D. y Thayer, G. (1969). Phytoplankton distribution in the Carribbean region. Summary report, first meeting for EICAR, Curação, UNESCO/IOC/Inf. 143.
- **81.** Zhou, P., Huang, C., Fang, H., Cai, W., Li, D., Li, X., & Yu, H. (2011). The abundance, composition and sources of marine debris in coastal seawaters or beaches around the northern South China Sea. Marine Pollution Bulletin, 62(9).
- **82.** Zieman, J. (1973). Tropical seagrass ecosystem and pollution. eEn Fergusson y Jhoannes, tropical marine pollution. Amsterdam. Elsevier Scientific Publishing Company. 63-74p.
- 83. ZiemanIEMAN J. (1970). Seasonal variation of the turtle grass, *Thalassia testudinum* Koing with reference to temperature and salinity effect. Acuatic. Bot. 1(2):107-124p.
- 84.INVEMAR, 2017. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2016. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.e

#### 11 ANEXOS

#### Anexo a

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para determinar diferencias significativas en el peso de residuos sólidos extraídos de Isla Rosario entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

## Tests for equal medians

IR-E1 IR-E2

N: 6 N: 5 Mean rank: 2,7727 Mean rank: 3,2273

Mann-Whitn U: 9,5

 z:
 0,91495
 p (same med.):
 0,36022

 Monte Carlo permutation:
 p (same med.):
 0,3516

 Exact permutation:
 p (same med.):
 0,35498

#### Anexo b

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para determinar diferencias significativas en el peso de residuos sólidos extraídos de Playa Blanca entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

#### Tests for equal medians

PB-E1 PB-E2

N: 4 N: 4 Mean rank: 3,25 Mean rank: 1,25

Mann-Whitn U: 0

 z:
 2,1651
 p (same med.):
 0,030383

 Monte Carlo permutation:
 p (same med.):
 0,0291

 Exact permutation:
 p (same med.):
 0,028571

#### Anexo c

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para determinar diferencias significativas en la abundancia absoluta de organismos en Isla Rosario entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

#### Tests for equal medians

IR-E1 IR-E2

N: 6 N: 5 Mean rank: 2,0909 Mean rank: 3,9091

Mann-Whitn U: 2

z:2,2874p (same med.):0,022174Monte Carlo permutation:p (same med.):0,0163Exact permutation:p (same med.):0,017316

### Anexo d

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para determinar diferencias significativas en la abundancia relativa (Org. /kg) en Isla Rosario entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

#### Tests for equal medians

IR-E1 IR-E2

N: 6 N: 5 Mean rank: 3,0909 Mean rank: 2,9091

Mann-Whitn U: 13

 z:
 0,27386
 p (same med.):
 0,78419

 Monte Carlo permutation:
 p (same med.):
 0,7943

 Exact permutation:
 p (same med.):
 0,79221

#### Anexo e

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney (α=0,05) para determinar diferencias significativas en la abundancia absoluta de organismos en Playa Blanca entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

#### Tests for equal medians

 PB-E1
 PB-E2

 N:
 4

 Mean rank:
 2,9375

 Mean rank:
 1,5625

Mann-Whitn U: 2,5

z:1,452 $\rho$  (same med.):0,14649Monte Carlo permutation: $\rho$  (same med.):0,1442Exact permutation: $\rho$  (same med.):0,14286

#### Anexo f

Resultados de la Prueba de Mann-Whitney ( $\alpha$ =0,05) para determinar diferencias significativas en la abundancia relativa (Org. /kg) en Playa Blanca entre la E1 y E2, a través del programa estadístico PAST.

# Tests for equal medians

PB-E1 PB-E2

N: 4 N: 4 Mean rank: 2,25 Mean rank: 2,25

Mann-Whitn U: 8

z: 0,14434 ρ (same med.): 0,88523

Monte Carlo permutation: p (same med.): 1 Exact permutation: p (same med.): 1